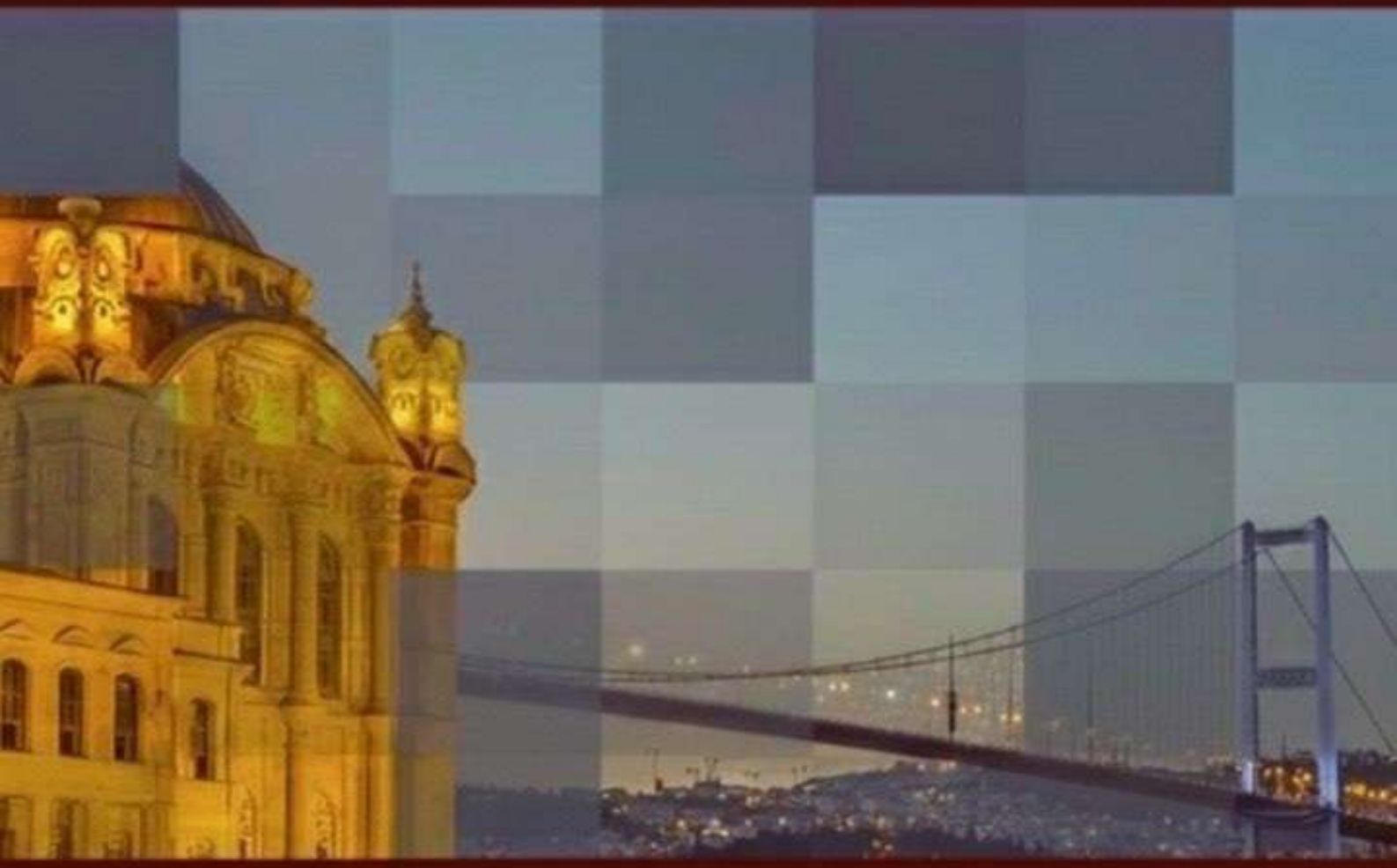


13.Uluslararası

MARMARA

Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi

29-30 AĞUSTOS 2026 - İSTANBUL

EDİTÖRS;

Prof. Dr. Veysi ÜNVERDİ

Doç. Dr. Senem ALTAN

www.isarcacademy.com

İKSAD Publishing House

KONGRE KİTABI

ISARC Academy

INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

INTERNATIONAL **MARMARA** SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-XIII

August 29-30, 2026 İSTANBUL, TÜRKİYE

PROCEEDINGS BOOK

EDITOR

Prof. Dr. Veysi ÜNVERDİ

Doç. Dr. Senem ALTAN

by

IKSAD PUBLISHING HOUSE®

All rights of this book belong IKSAD Publishing House

Authors are responsible both ethically and juridically

IKSAD Publications – 2026©

Issued: 10.09.2026

ISBN: 978-625-378-719-6

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE
INTERNATIONAL MARMARA SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-XIII

DATE and PLACE
AUGUST 29-30 İSTANBUL / TÜRKİYE

PARTICIPATION
Keynote & Invited

PARTICIPANTS COUNTRY
Türkiye,

CONGRESS PRESIDENT
PROF. DR. VEYSİ ÜNVERDİ
NECMETTİN ERBAKAN University

GENERAL COORDINATOR
Melike KAYA
ISARC Academy,Türkiye

NUMBER of ACCEPTED PAPERS- (Türkiye- 41, Other Countries- 46)

'Compliance With Publication Ethics İs The Sole Responsibility Of The Authors; Accordingly, They Bear Both Ethical And Legal Accountability'

ORGANIZING COMMITTEE:

Prof. Dr. Mukadder MOLLAOĞLU

Prof. Dr. Neslihan ŞAHİN

Prof. Dr. Sancar BULUT

Prof. Dr. Serpil ÜNVER SARAYDIN

Prof. Dr. Tolga ULUSOY

Prof. Dr. Yadigar GÜLSEVEN SIDIR

Assoc. Prof. Dr. Deniz KARATAŞ

Assoc. Prof. Dr. Malik YILMAZ

Assoc. Prof. Dr. Melih OKCU

Assoc. Prof. Dr. Nursen IŞIK

Assoc. Prof. Dr. Özlem ÜLGER DANACI

Assoc. Prof. Dr. Sahure YARİŞ

Assoc. Prof. Dr. Seda BENGİ

Assoc. Prof. Dr. Sema SAĞLIK

Assoc. Prof. Dr. Şükrü KALAYCI

Assoc. Prof. Dr. Zamıg TEHMEZOV

Assoc. Prof. Dr. Zeynep Deniz ŞAHİN İNAN

Assoc. Prof. Dr. Zühal OKCU

Assoc. Prof. Dr. Zulfiyya ISMAYIL

Dr. Laleş USLU AZARAK

Dr. Mine KIRKYOL

Dr. Sevil ÖZCAN

Dr. Sümeyye GÖKÇENOĞLU

Dr. Şengül ŞENTÜRK

Dr. Rana BAYTİN ALACI

I

SCIENTIFIC AND ADVISORY BOARD:

Prof.Dr.EMİNE NAS
Prof.Dr.EMİNE NAS
Selçuk University

Prof. Dr. Jaın SADHNA
Unıversıty Of Delhı

Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN
Siirt University

Prof. Dr. Mehmet Şahin
Gaziantep University

Prof. Dr. Morakeng Edward
Kenneth LEBAKA University Of Zululand

Prof. Dr. Mukadder MOLLAOĞLU
Cumhuriyet University

Prof. Dr. Manole COJOCARU
Titu Maiorescu University

Prof. Dr. Mustafa Fedai ÇAVUŞ
Osmaniye Korkut Ata University

Prof. Dr. Mustafa METE
Gaziantep University

Prof. Dr. Mustafa Onur ALADAĞ
Selçuk University

Prof. Dr. Neslihan ŞAHİN
Sivas Cumhuriyet University

Prof. Dr. Nurdan KALAYCI
Gazi University

Prof. Dr. Orhan ZEYBEK
Balıkesir University

Prof. Dr. Sancar BULUT
Kayseri University

Prof.Dr. Sedat İLHAN
Dicle University

Prof. Dr. Selahattin YAVUZ
Erzincan Binali Yıldırım University

Prof. Dr. Sevi ÖZ
Ankara Hacı Bayram Veli University

Prof. Dr. Seyfi ŞEVİK
Hitit University

Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI
Atatürk University

Prof.Dr.Vehbi GÜNEŞ
Selçuk University

Prof.Dr. Yadigar GÜLSEVEN SIDIR
Bitlis Eren University

Prof. Dr. Zharkynbıke SULEIMENOVA
Kazakh National Women's Pedagogical University

Prof. Dr. Zülfü GÜROCAK
Fırat University

Assoc. Prof. Dr.Ahmet AYDIN
Ege University

Assoc. Prof. Dr. Armel MBON
Marien Ngouabi University

Assoc. Prof. Dr. Asuman SAVAŞCIHABEŞ
Nuh Naci Yazgan University

Assoc. Prof. Dr. Azimbaeva GULBAYRA
Kazakh National Women's Pedagogical University

Assoc. Prof. Dr. Betül GÜZELDİR
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Çiğdem BOGENÇ
Karabük Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr.Elif Feyza TOPDAŞ
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr.Gökhan UYANIK
Gazi University

Assoc. Prof. Dr. Hasan TELLİ
Mersin University

Assoc. Prof. Dr.Murat TOPAL
Fırat University

Assoc. Prof. Dr. Oqtay QULİYEV
Azerbaycan Devlet İktisat University

Assoc. Prof. Dr. Orhan TURAN
Batman University

Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk RENÇBER
Gaziantep University

Assoc. Prof. Dr. Onur ÇOMAKLI
Erzurum Teknik University

Assoc. Prof. Dr. Sahure YARİŞ
Dicle University

Assoc. Prof. Dr. Salman Bashir MEMON
Shah Abdul Latif University

Assoc. Prof. Dr. Sevcan YILDIZ
Harran University

Assoc. Prof. Dr. Seyhan Çankaya
Süleyman Demirel University

Assoc. Prof. Soufiane Ziani
Mohammed 1st University

Assoc. Prof. Dr. Syed Ali
Raza NAQVI Government College University Faisalabad

Assoc. Prof. Dr. Tamer TURGUT
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Victoria POSTOLACHE
Alecu Russo Balti State University

Assoc. Prof. Dr. Yılmaz KÜÇÜK
Gazi University

Assoc. Prof. Dr. Yılmaz SEÇİM
Necmettin Erbakan University

Assoc. Prof. Dr. Zamıg TEHMEZOV
Azerbaycan Devlet Pedagoji University

Assoc. Prof. Dr. Zulfiyya ISMAYIL
Nahçıvan Dövlet Universiteti

Dr. Ali ARSHAD
University Utara

Dr. Aygün MEHERREMOVA
Bakü Devlet University

Dr. Bhavtosh AWASTHİ
Jecrc University India

Dr. Chems Eddine BOUKHEDIMI
University of Tizi Ouzou

Dr.Duong To Quoc Thaı
Dong Thap University

Dr.Huma Ikram
University Of Karachi

Dr.Melek ÖZ
Erciyes University

Meltem YANIK
Ordu University

Dr. Mine KIRKYOL
Artvin Çoruh University

Dr. Moses Adeolu AGOI
Lagos State University of Education

Dr. Muhammad IMRAN
Government College University

Dr.Muhammad Saleh FAISAL
Pmdc Registration

Dr. Müslüm ÖZTÜRK
Kilis 7 Aralık University

Dr. Nurhoca AKBULAYEV
Azerbaycan Devlet İktisat University

Dr. Rana BAYTİN ALACI
VAN YY University

Dr. Rida ZULFİQAR
University of Szeged

Dr. Taha Yasin ÖLMEZTOPRAK
Adıyaman University

Dr. Tatia DOLİDZE
European University

Dr. Yaşar SUBAŞI
Van Yüzüncü Yıl University

Dr. Yeşim BEDİR
Atatürk University

Scientific Development and Innovative Approach

INTERNATIONAL **MARMARA** SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-XIII

AUGUST 29-30, 2026 / İstanbul, Türkiye

Congress Program

Participant Countries:

Türkiye,Albania,Algeria,Azerbaijan,China,France,Georgia,Iran,Macedonia,Morocco,Nigeria,Serbia,Pakistan,Romania,Ukraine,Vietnam

Meeting ID: 812 4252 8589

Passcode: 906879

ZOOM LINK:

https://us06web.zoom.us/j/81242528589?pwd=sac6geXXug3zGpOledJf3nMV5daa2M.1

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

To be able to make a meeting online, login via **https://zoom.us/join** site, enter ID instead of “Meeting ID or Personal Link Name” and solidify the session. The presentation will have **15 minutes** (including questions and answers). The Zoom application is free and no need to create an account. The Zoom application can be used without registration. The application works on tablets, phones and PCs. Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time. All congress participants can connect live and listen to all sessions. During the session, your camera should be turned on at least %70 of session period. Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

TECHNICAL INFORMATION

Make sure your computer has a microphone and is working. You should be able to use screen sharing feature in Zoom. Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress. Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session. **Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number, exp. Hall-1, Fatih KARİPOĞLU**

ÖNEMLİ, DİKKATLE OKUYUNUZ LÜTFEN

Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır. Sunumlar için **15 dakika** (soru ve cevaplar dahil) süre ayrılmıştır. Online sunum yapabilmek için **https://zoom.us/join** sitesi üzerinden giriş yaparak “Meeting ID or Personal Link Name” yerine ID numarasını girerek oturuma katılabilirsiniz. Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmaya gerek yoktur. Zoom uygulaması kaydolmadan kullanılabilir. Uygulama tablet, telefon ve PC’lerde çalışıyor. Her oturumdaki sunucular, sunum saatinden **10 dk öncesinde** oturuma bağlanmış olmaları gerekmektedir. Tüm kongre katılımcıları canlı bağlanarak tüm oturumları dinleyebilir. Moderatör – oturumdaki sunum ve bilimsel tartışma (soru-cevap) kısmından sorumludur.

TEKNİK BİLGİLER

Bilgisayarınızda mikrofon olduğuna ve çalıştığına emin olun. Zoom'da ekran paylaşma özelliğine kullanabilmelisiniz. Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir. Kongre programında yer ve saat değişikliği gibi talepler dikkate alınmayacaktır. **Zoom'a giriş yaparken önce lütfen adınızı, soyadınızı ve SALON numaranızı yazınız, Örnek: Hall-1, Fatih KARİPOĞLU**

30.08.2026/ Hall-1, Session-1

Ankara Local Time	Meeting ID: 812 4252 8589
10 00 : 11 15	Passcode: 906879

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Mustafa GÜÇLÜ

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Halkevleri's Place And İmportance İn Turkish Educational History	Prof. Dr. Mustafa GÜÇLÜ	Erciyes University
The Place And Importance Of Darülmuallımât In The Hıstory Of Turkısh Educatıon	Prof. Dr. Mustafa GÜÇLÜ	Erciyes University
An Apparently Impossıble Transformatıon: Relıgıous Guıdance And The Recognıtıon Of The Mongols As Addressees In Theır Islamızatıon	Assist. Prof. Dr. Muhammed Emin ŞİMŞEK	Gaziantep Islam Science and Technology University
Evaluatıon Of Turkısh Language Teacher Candıdates'vıews On The Use Of Artıfıcıal Intellıgence In Educatıon	Prof. Dr. Hasan BAĞCI Okan KABADAYI	Burdur Mehmet Akif Ersoy University
The Opınıons Of Turkısh Language Teacher Candıdates And Turkısh Language And Lıterature Teacher Candıdates On Character And Values Educatıon	Prof. Dr. Hasan BAĞCI Alparslan KARAGÖZ	Burdur Mehmet Akif Ersoy University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

30.08.2026/ Hall-2, Session-1

Ankara Local Time

10 00 : 11 30

Meeting ID: 812 4252 8589

Passcode: 906879

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Büşra ÇALIŞKAN

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Primer Açık Açılı Glokom Hastalarında Metabolik Bir Belirteç Olarak Tyg İndeksi	Assist. Prof. Dr. Büşra ÇALIŞKAN	Atatürk University
Sequence-Dependent Effects Of Sequentıal Gemcıtabıne And Doxorubıcın Treatment In Pc-3 Prostate Cancer Cells	Assist. Prof. Dr. Mürüvvet Abbak Assist. Prof. Dr. Hakan Tekeli	Aydin Adnan Menderes University
Development And In Vıtro/Ex Vıvo Characterızatıon Of Vagınal Emulgel Formulatıons Contaınıng Achıllea Mıllefolıum Extract	Assist. Prof. Dr. İmren ESENTÜRK-GÜZEL Ecz. Fatma Zehra Betül KOLCU	University of Health Sciences
Factors Affectıng Clınıcal Success Of Orthodontıc Mınıscrews And Management Of Complıcatıons	Uzm. Dt. Mustafa ÖZDEMİR	Gaziantep University
Innovatıve Wearable Health Technologıes For Patıent Monıtorıng And Safety	Hem. Ramazan DEMİROĞLU Assist. Prof. Dr. Nadiye BARIŞ EREN	Tarsus University
Innovatıve Health Technologıes Supportıng Patıent Safety And Self-Management	Hem. İrem AKBIYIK Assist. Prof. Dr. Nadiye BARIŞ EREN	Tarsus University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

30.08.2026/ Hall-3, Session-1

Ankara Local Time
10 00 : 12 30

Meeting ID: 812 4252 8589
Passcode: 906879

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Senem ALTAN

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Paradoxıcal Effects Of Algorıthmıc Performance Management On Employee Well-Beıng: The Determınıng Role Of Organızatıonal Context	Assoc. Prof. Dr. Senem ALTAN	Doğuş University
The Effects Of Aı Awareness On Motıvatıon, Performance, And Creatıvıty: A Conceptual Analysıs Wıthın The Framework Of Cognıtıve Appraısal Theory	Assoc. Prof. Dr. Senem ALTAN	Doğuş University
European Unıon Renewed Regulatıons In Transportatıon, Energy And Communıcatıon	Assoc. Prof. Dr. Dilara SÜLÜN	İzmir Democracy University
Internet Use, Agrıcultural Exports and Imports in Türkiye: ann Ardl Analysıs	Tuğçe KAYA	Çukurova University
Dıgıtal Transformatıon And Frıctıonless Customer Experıence	Prof. Dr. Filiz ASLAN ÇETİN	Kafkas University
Artıfıcıal Intellıgence And Marketıng Innovatıon: A Theoretıcal Revıew	Prof. Dr. Filiz ASLAN ÇETİN	Kafkas University
New Quests For Alternatıve Dıspute Resolutıon In E-Commerce	Assist.Prof. Dr. F. Itır BİNGÖL	Dokuz Eylül University
Determınants Of Capıtal Structure In Manufacturıng Fırms Lısted On Borsa Istanbul: An Empırıcal Examınatıon From The Perspectıve Of The Peckıng Order And Trade-Off Theorıes	Res. Assist. Dr. Muhammet KARALI	Kafkas University
Technology Use And The Perceptıon Of Ideal Marrıage: The Transformatıon Of Relatıonshıp Expectatıons In The Dıgıtal Age	Assoc. Prof. Dr. Kemal ÖZCAN Psk.Dan. İpek Ersin Psk.Dan. Şura Kama Koç Aile Dan. Gökhan Liman Psikolog Eren Yıldız	Ondokuz Mayıs University
The Role Of Communıcatıon Skılls In Close Relatıonshıps	Assoc. Prof. Dr. Kemal ÖZCAN Psk.Dan.Nagehan Karakuş Psk.Dan.Ülkü Tulum	Ondokuz Mayıs University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

30.08.2026/ Hall-4, Session-2

Ankara Local Time

10 30 : 12 00

Meeting ID: 812 4252 8589

Passcode: 906879

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Şükrü TORTOP

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
İşığın Kvant Kimyasi: Molekulyar Quruluş Enerji, Rəng Və Fotokimyəvi Reaktivliyi Necə İdarə Edir?	Aytəkin Pənahova	------
Evaluation of the Compliance of Investigated Isophthalic Acid Derivatives with Lipinski's Rule Using the SwissADME Platform	PhD Gulnar Atakishiyeva PhD Sevinç Muhtarova Ayten Qajar PhD Nigar Ahmedova Irada Shikhaliyeva Associate professor Shukufa Eyvazova Associate professor Naila Veysova	Azerbaijan Technical University/Baku State University/AZERBAİJAN
Molecular Dockıng Investıgatıon Of (1,2-Dıhydronaphtho[2,1-B]Furan-2-Yl)(P-Tolyl)Methanone Agaınst The 4kfg Proteın Target	PhD Gulnar Atakishiyeva PhD Sevinç Muhtarova Shafiga İbrahimova Ayten Qajar Teymur Sadıxlı Associate professor Sima Musayeva Associate professor Ilhama Hamdullayeva	Azerbaijan Technical University/Baku State University/AZERBAİJAN
Sustainable Water Management Within The Zero Waste Scope	Uzm. Biyolog Fatma TÜRKER	Niğde Ömer Halisdemir University
Stabılıty Of Approxımate Mınımızers Under Deferred Epıgraphıcal Convergence	Assist. Prof. Dr. Şükrü TORTOP	Afyon Kocatepe University
Determınatıon Of Nutrıtıonal Values And Structural Characterıstıcs Of Mascarpone Cheeses Enrıched Wıth Oleaster Seed And Black Grape Seed Powders	Res. Asst. PhD Burak BAYRAK Master's Student Zeynep Çağla TEKGÜL Asst. Prof. Murat Emre TERZİOĞLU	Atatürk University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

30.08.2026/ Hall-5, Session-2

Ankara Local Time	Meeting ID: 812 4252 8589
10 30 : 12 15	Passcode: 906879

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Melek KURŞUNEL

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
An Analysıs Of The Levels Of Avoıdance Of Sports And Physıcal Actıvıty Among Sedentary Indıvıduals	Assoc. Prof. Dr. Melek KURŞUNEL Assist. Prof. Dr. Öznur AKPINAR Assoc. Prof. Dr. Hande BABA KAYA Prof. Dr. Selahattin AKPINAR	Karamanoğlu Mehmetbey University/Düzce University
Barrıers To University Students' Free Tıme For Campus Recreatıon: The Case Of Karamanoğlu Mehmetbey Unıversıty	Assoc. Prof. Dr. Melek KURŞUNEL Assist. Prof. Dr. Öznur AKPINAR Assoc. Prof. Dr. Hande BABA KAYA Prof. Dr. Selahattin AKPINAR	Karamanoğlu Mehmetbey University/Düzce University
A Systematic Review Of Artificial Intelligence Research İn Preschool Education (2016–2026)	Assoc. Prof. Dr. Merve ŞAHİN	Çanakkale Onsekiz Mart University
The Medıatıng Role Of Career Competence In Explaınıng Job Search Anxıety Among Unıversıty Students In Relatıon To Hope	Elif Yıldız YAMAN Assoc. Prof. Dr. Fatih CAMADAN	Bursa Uludag University/Recep Tayyip Erdogan University
Investıgatıon Of The Medıatıng Roles Of Dıgıtal Addıctıon, Lonelıness, And Emotıonal Eatıng In The Assocıatıon Between Self-Control And Healthy Eatıng	Senanur YAMAN Assoc. Prof. Dr. Fatih CAMADAN	Bursa Uludag University/Recep Tayyip Erdogan University
The Predıctıve Role Of Physıcal Actıvıty Level On Chronotype In Adolescents	Lect. Dr. Bekir TOKAY Prof. Dr. Mustafa AKIL	Akdeniz University/Uşak University
The Predictive Role of Digital Addiction on Academic Achievement and Its Relationship with Physical Activity Level	Lect. Dr. Bekir TOKAY Prof. Dr. Mustafa AKIL	Akdeniz University/Uşak University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

30.08.2026/ Hall-6, Session-2

Ankara Local Time

10 30 : 12 00

Meeting ID: 812 4252 8589

Passcode: 906879

HEAD OF SESSION: Dr. Veysel ALP

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
An Analysıs Of The Effect Of The Number Of Weld Beads On The Stress-Torsıon Behavıor Of Shafts Repaıred By Weldıng Usıng The Fınıte Element Method	Lect. Harun TATLI Lect. Ülüver BOZKURT Lect. Yakup KUTUPOĞLU	Başkent University
An Analysıs Of The Effect Of Multıple Weldıng On The Fatıgue Lıfe Of Rıbbed Beams Usıng The Fınıte Element Method	Lect. Ülüver BOZKURT Lect. Harun TATLI Lect.. Yakup KUTUPOĞLU	Başkent University
Operating Temperature Effects and Thermal Management Strategies in Photovoltaic Systems: A Short Technical Review	Burak AKGÜL Dr. İsmail ATA	Erciyes University
Experımental Thermal System Identıfıcatıon And Multı-Step Valıdatıon Usıng Echo State Networks	Yük. Müh. Erkan EGELİ Dr. Oğuzhan COŞKUN Enes CANLI	Bursa Uludağ University /EMKO Elektronik A.Ş., AR-GE
Prototype Desıgn And Manufacturıng Of The Robot Bracket And Pın Conveyor For A Fully Automated Robotıc Dıe Castıng Cell	Umut COŞGUN	AR-GE Merkezi & Robot ve Otomasyon
Drum Support Robotıc Machınıng And Straıghtenıng Lıne	Umut COŞGUN	AR-GE Merkezi & Robot ve Otomasyon
Solhan Ovası'nda Tuzluluk Tehdidi: Ekolojik Denge Ve Sürdürülebilir Tarım Üzerine Bir Değerlendirme	Dr. Veysel ALP	Harran University
Investıgatıon Of The Crystal Structure And Supramolecular Organızatıon Of An N,N-Type Amıde Derıvatıve	Lect. Dr. Ümmühan SOLMAZ	Mersin University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

30.08.2026/ Hall-7 Session-3

Ankara Local Time		Meeting ID: 812 4252 8589	
10^{30} : 11 45		Passcode: 906879	

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Yagut Guliyeva

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Hıstorıcal-Geographıcal Space Of Turks And Oghuzes In Mahmud Kashgarı's ''Dıvanu Lugat It-Turk''	Assoc. Prof. Dr. Yagut Guliyeva	Baku Academy of Music named after Uzeyir Hajibeyli/AZERBAİJAN
Şühûdu'l Hâl In The Ottoman Judıcıary: An Evaluatıon Wıthın The Framework Of Fuller's Theory Of The Internal Moralıty Of Law	Asst. Prof. Dr. Dilara Buket DIDIN	Ankara Hacı Bayram Veli University
Andres Segovıa'nın 20. Yüzyıl Klasik Gitar Repertuarının Oluşumundaki Rolü	Assist. Prof. Dr. İLTER CEBECİ	Çanakkale Onsekiz Mart University
Steam + A Educatıon System: Essence, Pedagogıcal Possıbılıtıes And Implementatıon Prospects In Azerbaıjan	Aliyeva Maralkhanim Tofig gizi	Azerbaijan State Pedagogical University/AZERBAİJAN
Interactıve Network Technologıes In Musıc Teachıng In Secondary Schools	Aliyeva Maralkhanim Tofig gizi	Azerbaijan State Pedagogical University/AZERBAİJAN

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

30.08.2026/ Hall-8, Session-3

Ankara Local Time

11 00 : 13 00

Meeting ID: 812 4252 8589

Passcode: 906879

HEAD OF SESSION: Dr. Thai Cong Dan

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Aı And Contemporary Busıness Practıces In Archıtecture. A Case Of Archıtectural Desıgn Industry In Pakıstan	Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti Ar. Hafiz Muhammad Ahmed Nadeem	School of Architecture & Planning, UMT/PAKİSTAN
Engıneerıng Intellıgent Materıals: Artıfıcıal Intellıgence For Adaptıve, Responsıve, And Self-Evolvıng Materıal Systems	Moses Adeolu AGOI Akinyemi Edward AIYEGBUSI Yewande Adeyosola ODUNAYO Oluwanifemi Opeyemi AGOI	Obafemi Awolowo University/Lagos State University/NİGERİA
Managıng Teacher Workforce In Prıvate K-12 Schools: Challenges Of Retentıon, Successıon Plannıng, And Organızatınal Culture	Nguyen Minh Man Nguyen Thi My Duyen Tran Thi Trong Dr. Thai Cong Dan	Can Tho University (CTU)/ School of Foreign Languages (SFL)/Vietnam
Workforce Management In Publıc Hıgher Educatıon Instıtutıons: Challenges Of Autonomy And Internatıonal Accredıtatıon	Nguyen Ngoc Chi Lan Nguyen Gia Thinh Nguyen Ngoc Anh Thu Dr. Thai Cong Dan	Can Tho University (CTU)/ School of Foreign Languages (SFL)/Vietnam
The İnfluence Of Artificial İntelligence On Criminological Research	PhD Roxana Mihaela Moisoiu Prof.Colegiul German”Goethe”	U.S.P.E.E. „C. Stere” Chișinău, Moldova/ROMANİA
The Application Of Nanoparticles As A Therapeutic Agent	Ibrahim Samaila Usman Samaila	Umaru Musa Yar’adua University
Strategıc Workforce Management For Work-Ntegratedlearnıng And Specıalızed Teachıng In A Prıvate Unıversıty Context	Thai Hong Dan Vo Thi Ngoc Han Dr. Thai Cong Dan Hoang Huynh Anh	Can Tho University (CTU), VİETNAM
Workforce Management Challenges In Newly Establıshed Publıc Schools: Buildıng Organızatıonal Culture And Managıng Workforce Stabılızatıon	Tran Thi Ngoc Han Nguyen Huynh Truc Vy Dr. Thai Cong Dan Thach Chanh Da	Can Tho University (CTU), VİETNAM

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

30.08.2026/ Hall-9 Session-3

Ankara Local Time

11 00 : 12 45

Meeting ID: 812 4252 8589

Passcode: 906879

HEAD OF SESSION: Rachid Masrour

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Tuning The Optical Response Of Graphone By Mechanical Strain: A DFT Study Toward Photovoltaic And Optoelectronic Applications	Brahim Moustahssine Rachid Masrour	Sidi Mohammed Ben Abdellah University/Morocco
Study Of The Structural, Electronic, Optical, And Magnetic Properties Of $Gdcrwo_6$ Double Perovskite Using First-Principles Calculations	Y. El-Harrar R. Masrour	Sidi Mohammed Ben Abdellah University/Morocco
Monte Carlo Investigation Of The Magnetocaloric Effect And Magnetic Properties Of A Mixed-Spin (S=3/2, Σ=3) Nano-Graphene Bilayer With RKKY Interactions	M. Jerrari R. Masrour	Sidi Mohammed Ben Abdellah University/Morocco
Combined DFT+U And Monte Carlo Study Of The Magnetic Properties Of $Gd_2Zr_2O_7$ Pyrochlore	S. Belhamra R Masrour	Sidi Mohammed Ben Abdellah University/Morocco
A Monte Carlo Simulation Study Of The Magnetic And Magnetocaloric Properties Of The Tbmn 2 Compound	A. Ezaier R. Masrour	Sidi Mohammed Ben Abdellah University/Morocco
Magnetocaloric Effect, Structural, Magnetic And Electronic Properties Of High-Entropy Alloys $Alco_xCr_{1-x}Feni$: First-Principles Calculations And Monte Carlo Simulations	A. Abjaou R. Masrour*	Sidi Mohammed Ben Abdellah University/Moroc
First Principles Study Of The Activation Energy And Diffusion Coefficient Of Sodium-Substituted Lithium Sites İn The İron-Based Olivine Cathode Material	I. Khouakhi , R. Masrour , L. Xu, A. Rezzouk	Sidi Mohamed Ben Abdellah University/Huazhong University of Science and Technology/CHİNA/MOROCCO
Cspbi 2 Br Perovskite: A Suitable Material For High-Efficiency Solar Cells And Adaptive Photocatalytic Water-Splitting	M. Kmichou , R. Masrour	Sidi Mohammed Ben Abdellah University/Morocco

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

30.08.2026/ Hall-10, Session-3

Ankara Local Time

11 00 : 12 30

Meeting ID: 812 4252 8589

Passcode: 906879

HEAD OF SESSION: Dr. Samir MERADI

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Medication Adherence Among Patients with Type 2 Diabetes: Findings from a Multicenter Study in Morocco	Maryem ARRAJI	Hassan First University
Comparative Study Of The Phytochemical Composition Of Fumaria Parviflora From Casablanca, El Jadida And Khouribga Of Morocco	Salma MAKDOUF, Karima El Bouqdaoui, Abdelhakim El Makssoudi, Mounia Cherki	Hassan II University/MOROCCO
Effect Of Fermentatıon Perıods On Nutrıtıonal, Antı-Nutrıtıonal And Functıonal Properties Of Castor Oıl Flour (Ricinus Communis)	Dr.Okechukwu, C.O. Egbujie, A.E.	Federal Polytechnic Ekowe/Enugu State University of Science and Technology/NİGERİA
Coordination-Resolved Machine Learning Of Thermodynamic, Electronic, And Magnetic Properties Of Spinels	Dr. Keltoum KHALLOUQ Dr. Ayoub EL MAAZOUZI Dr. Ayoub EL MAAZOUZI	Sidi Mohamed Ben Abdellah University/MOROCCO
Mini-Review: Anthelmintic Potential of Citrus Peel Waste in Ruminants	Sakineh Khanamani Falahatipour , Soudeh Khanamani Falahati-Pour , Motahareh Soltani , Sana Naseri	University of Tehran/Rafsanjan University of Medical Sciences,/IRAN
Mobılıty Transıtıons, Dıaspora Return And Cırculatory Lıvıng Between Albanıa, Greece And North Macedonıa	MARCELA MELE HERMIS MELE	Agricultural University/University Aleksandër Moisiu of Durrës/ALBANİA
From Dıgıtal Engagement To Dıgıtal Fatıgue: The Paradox Of Socıal Medıa Marketıng	Dr. Samir MERADI	Djillali Liabes University/ALGERİA
Role Of Pasture Fertılızatıon To Obtaın Hıgh-Qualıty Grass	Academician Prof Dr Ivan PAVLOVIĆ Prof Dr Jovan BOJKOVSKI Prof Dr Vesna KARAPETKOVSKA HRISTOVA MSc Ivanka HADŽIĆ	Scientific Institute of Veterinary Medicine/University “St. Kliment Ohridski”/SERBİA-MACEDONİA
Green Hybrid Nanoparticles for Biomedical Applications	Usman Samaila Ibrahim Samaila	Umaru Musa Yar’adua University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

30.08.2026/ Hall-1 Session-4

Ankara Local Time

11 00 : 12 30

Meeting ID: 812 4252 8589

Passcode: 906879

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Laila LAASRI

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
When One Size Does Not Fit All: Pharmacokinetic Hurdles in Extrapolating Drug Data from Dogs to Cats	Sakineh Khanamani Falahatipour , Soudeh Khanamani Falahati-Pour , Motahareh Soltani , Zahra Hallajian	University of Tehran/University of Medical Sciences/IRAN
Contemporary Global Crises and the Development of Criminal Phenomena	PhD Roxana Mihaela Moisoiu Prof.Colegiul German"Goethe"	București-România
The Impact of Erasmus+ KA171 Mobility on Communication Skills of Albanian Students: Evidence from a Retrospective Pre/Post Study	Elton Skendaj	Mediterranean University/ALBANİA
Modıfıable Rısk Factors For Pancreatıc Cancer: Current Evıdence And Implıcatıons For Prevention	Prof. Bledar KRAJA, MD, PhD	University of Medicine / University Clinic of Gastro-Hepatology, University Hospital Center/ALBANİA
Mınımum Energy Performance Standards And Energy Labellıng In Morocco: Evolution, Challenges And Future Perspectıves	Chaima MENDOUB Assoc. Prof. Dr. Laila LAASRI	Hassan II University/MOROCCO
Romotıng Energy Efficıency In Moroccan Households: Key Technologıes, Polıcy Measures And Adoptıon Barrıers	Chaima MENDOUB Assoc. Prof. Dr. Laila LAASRI	Hassan II University/MOROCCO
A Synergistic Multiphysics and Judd–Ofelt Framework for Designing High-Efficiency Red Emission in Eu 3+ -Doped Silicophosphate Sol–Gel Glasses	El Mahdi Bouabdalli, Mohamed El Jouad , Samira Touhtouh , Fouad Belhora , Nathalie Gaumer , El Kebir Hlil,Abdelowahed Hajjaji	Sidi Mohamed Ben Abdellah University/ Chouaib Doukkali University/ Université Grenoble Alpes/ Université d'Angers/MOROCCO-FRANCE
Structure–Property Relationships in Europium-Doped Strontium Phosphate Glasses for Advanced Photonic and Photovoltaic Applications	El Mahdi Bouabdalli, Mohamed El Jouad , Samira Touhtouh, Ilyass El kadmiri, Nathalie Gaumer , Mostapha Siniti , Abdelowahed Hajjaji	Sidi Mohamed Ben Abdellah University/ Chouaib Doukkali University/ Université Grenoble Alpes/ Université d'Angers/MOROCCO-FRANCE

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

30.08.2026/ Hall-2 Session-4

Ankara Local Time

11 00 : 12 30

Meeting ID: 812 4252 8589

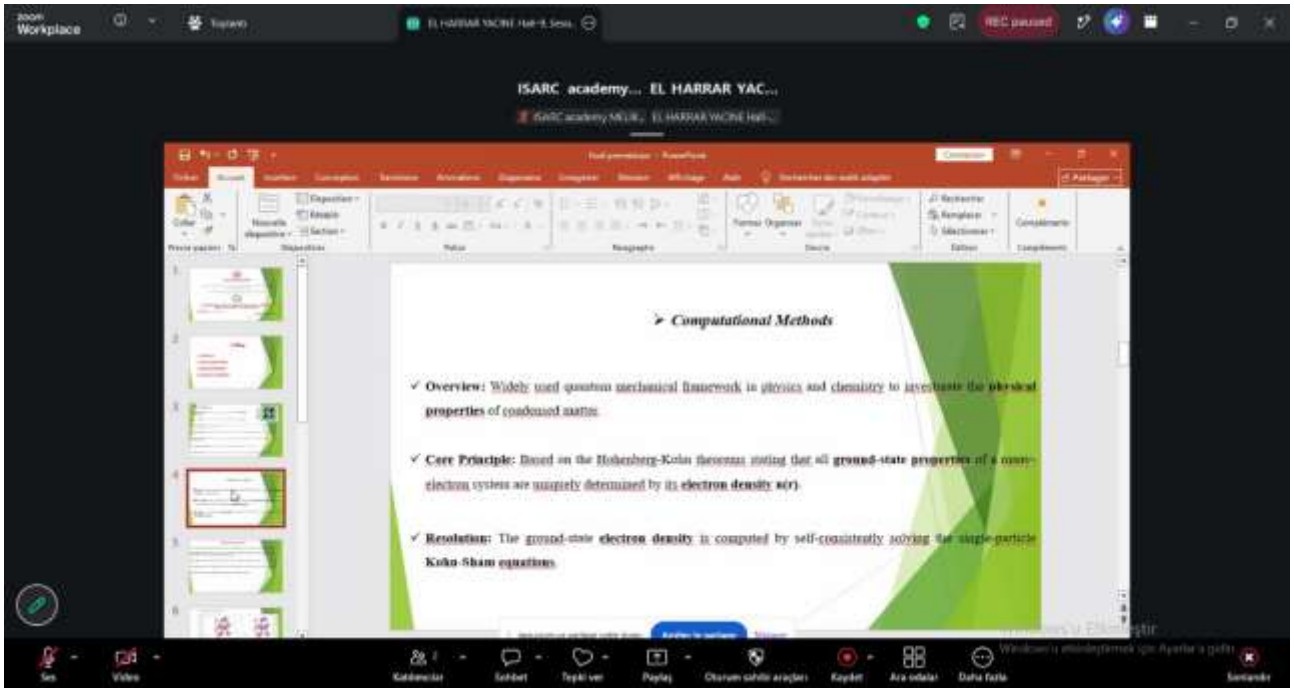
Passcode: 906879

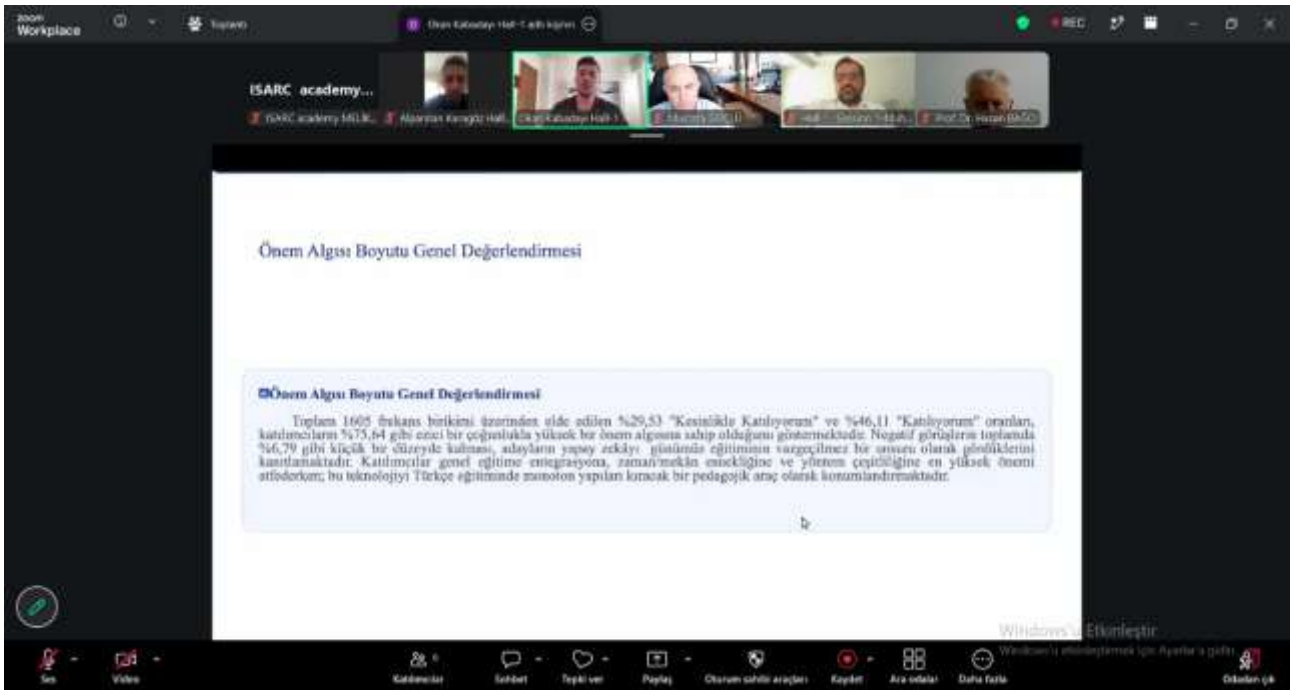
HEAD OF SESSION: Dr Rabia Akhtar Cheema

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Current and Emerging Treatment Strategies for the Management of Polycystic Ovary Syndrome	Dr Rabia Akhtar Cheema, Dr Humaira Muzaffar, Dr Ghulam Hussain	Government College University/PAKİSTAN
Re-examining Toponyms in Southern Jordan in Light of Field Archaeological Findings	Prof. Dr. Mohammed Waheeb	The Hashemite University
Developing 'Buraq' Technical and Policy Challenges in Training a Sovereign Multilingual Large Language Model for Pakistan	MUHAMMAD FAISAL	Joint Director (AICU) at Ministry of IT & Telecommunication, Pakistan
Artificial Intelligence, Poverty and National Security Emerging Vulnerabilities and New Security Challenges	PhD Roxana Mihaela Moisoiu Prof.Colegiul German"Goethe"	U.S.P.E.E. „C. Stere" Chișinău, MOLDOVA-ROMANİA
The Effect of Working Capital Management on the Financial Performance of Organizations	Seifeslasie Asmamaw	------
A Comprehensıve Scholarly Analysıs Of Academıc Freedom In The Twenty-Fırst Century: An In-Depth Investıgatıon Of Core Theoretıcal Foundatıons, Hıstorıcal Frameworks, Alongsıde The Paradoxıcal Dynamıcs Of Its Manıfestatıons In Contemporary Contexts Wıth Comparatıve Internatıonal Polıcy And Regulatory Perspectıves	Nodar Sulashvili , Mariam Jikidze , Teimuraz Enukidze , Maia Jikia , George Maghlakelidze , Ia Egnatievi , Manana Giorgobiani , Vira Kravchenko , Olga Shapoval , Marika Sulashvili, Ekaterine Lomia , Tamar Okropiridze , Igor Seniuk , David Aphkhazava ,Rusudan Kvanchakhadze , Magda Davitashvili	Georgian National University/University of Georgia/Caucasus International University/National University of Pharmacy/Kharkiv State Medical University/GEORGİA-UKRAİNE
Scıentıfic Dıscourse On Mısophonıa: Neurobıological Mechanısms, Clınıcal Manıfestatıons, Dıagnostıc Challenges, Pharmacotherapeutıc Strategıes, Psychopharmacological Consıderatıons, Neurocognıtıve Dımensıons, Personalızed Interventıons, Clınıcal Outcomes, And Emergıng Therapeutıc Perspectıves In Precısıon Clınıcal Care	Nodar Sulashvili, Neda Azad , George Maghlakelidze , David Aphkhazava , Marina Giorgobiani , Nana Gorgaslidze , Magda Davitashvili , Igor Seniuk , Tamar Okropiridze , Vira Kravchenko , Marika Sulashvili , Olga Shapoval, Mariam Jikidze, Teimuraz Enukidze , Lela Grigolia , Kakhaber Robakidze	Georgian National University/University of Georgia/Caucasus International University/National University of Pharmacy/Kharkiv State Medical University/GEORGİA-UKRAİNE

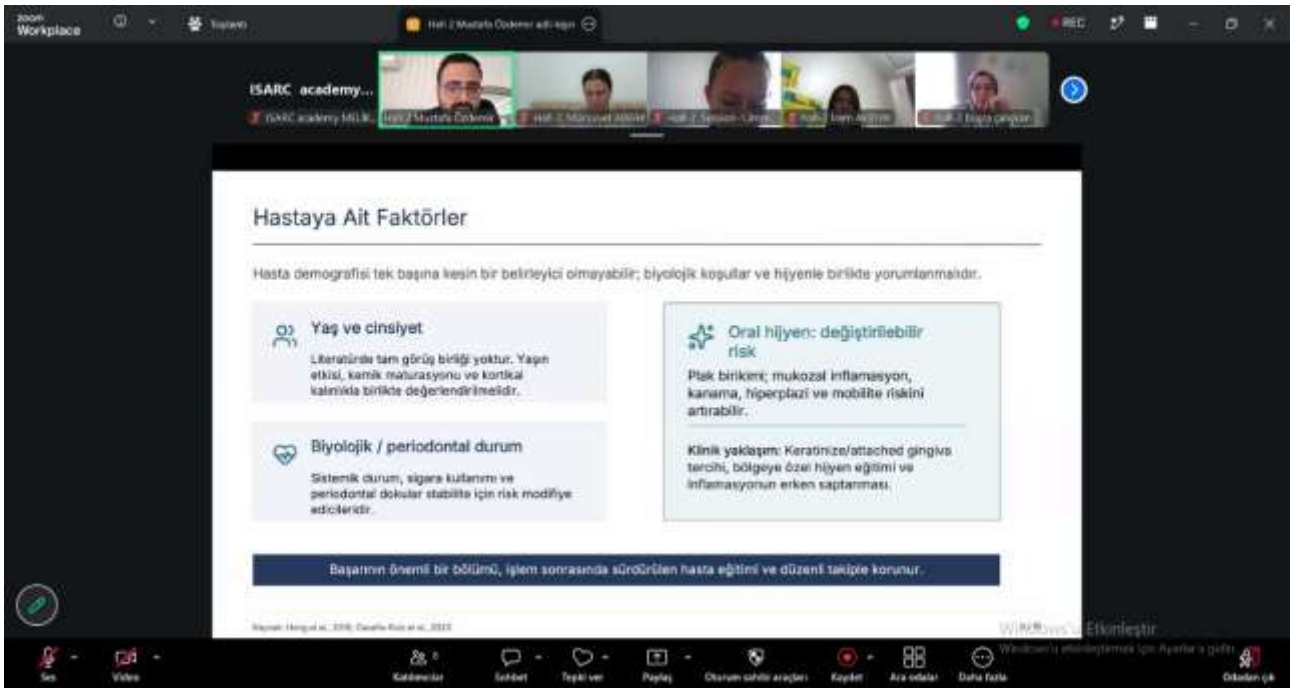
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

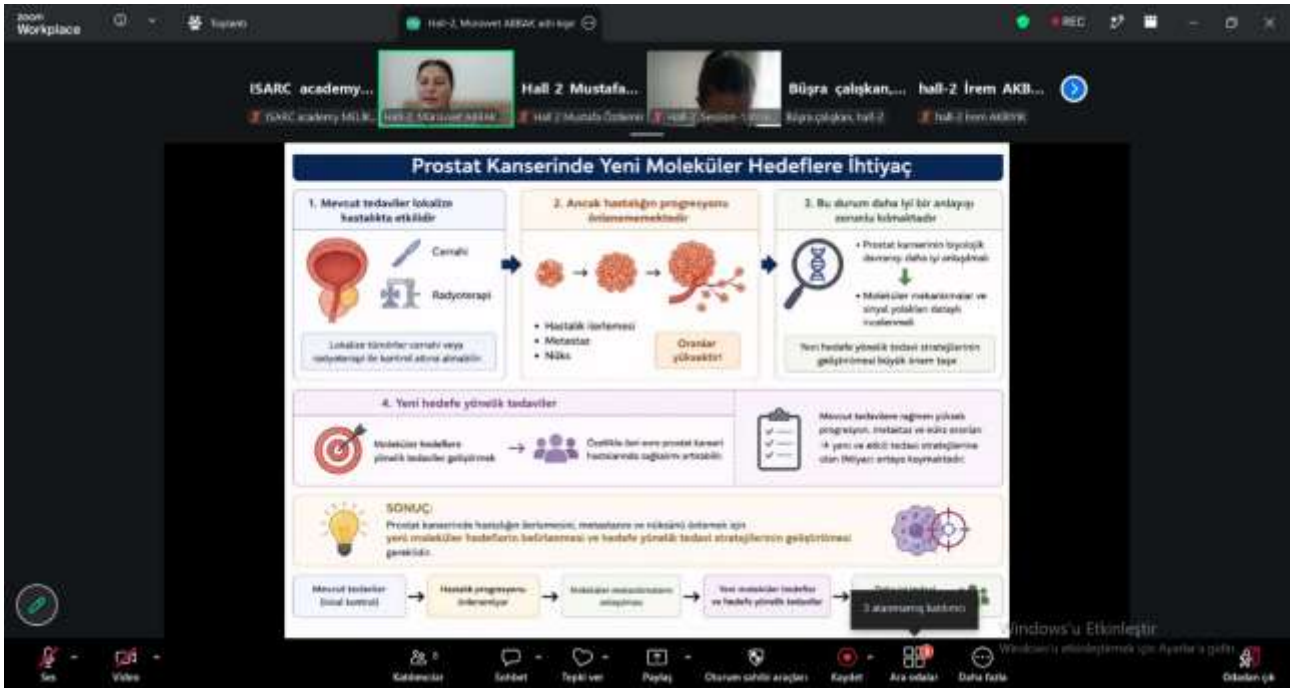
PHOTO GALLERY

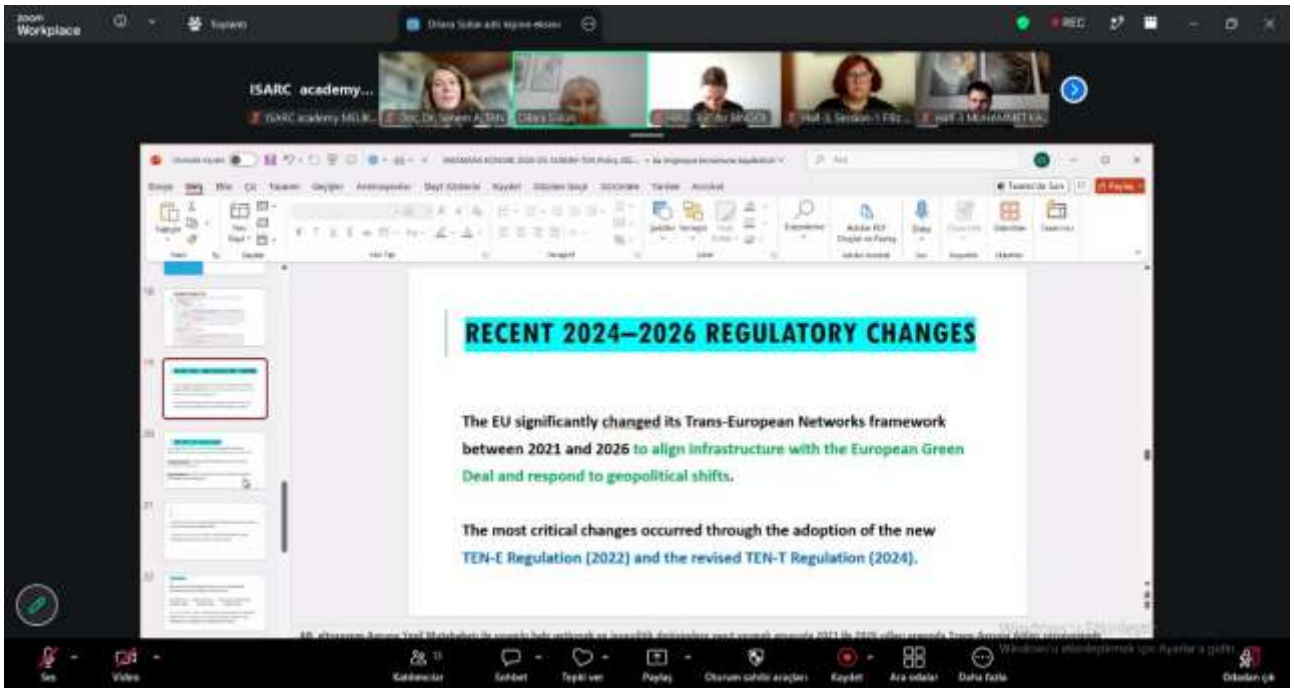


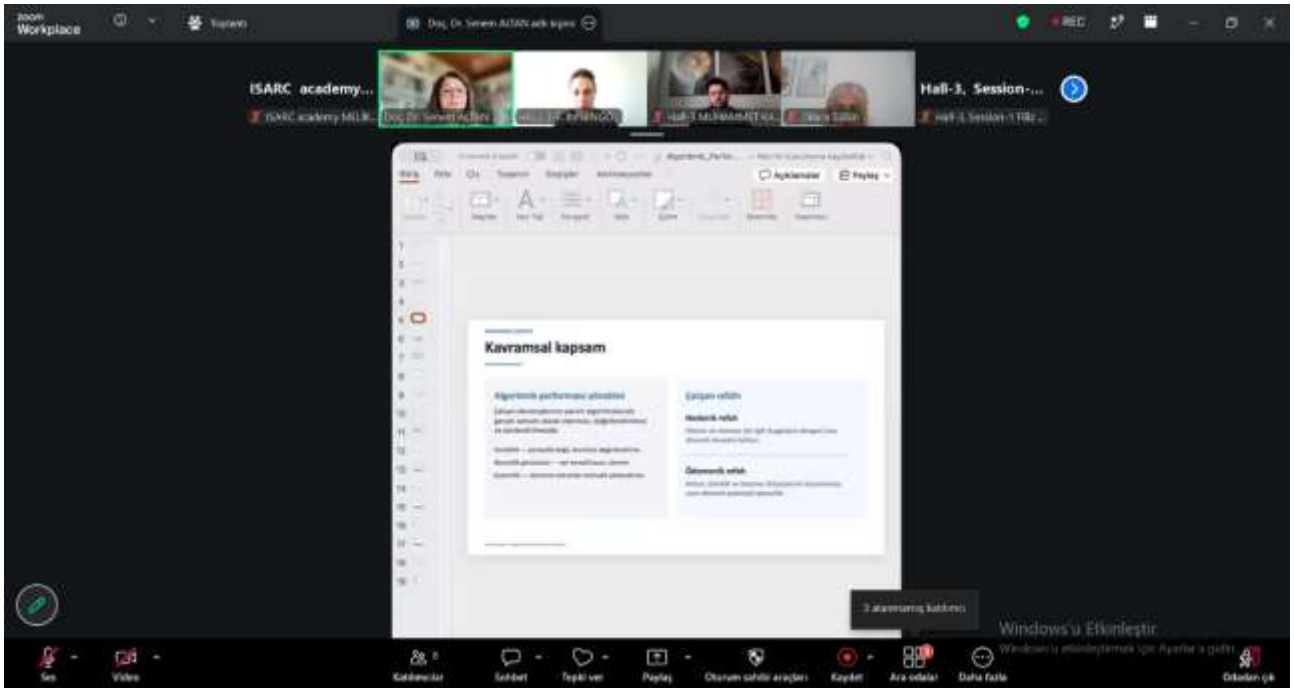


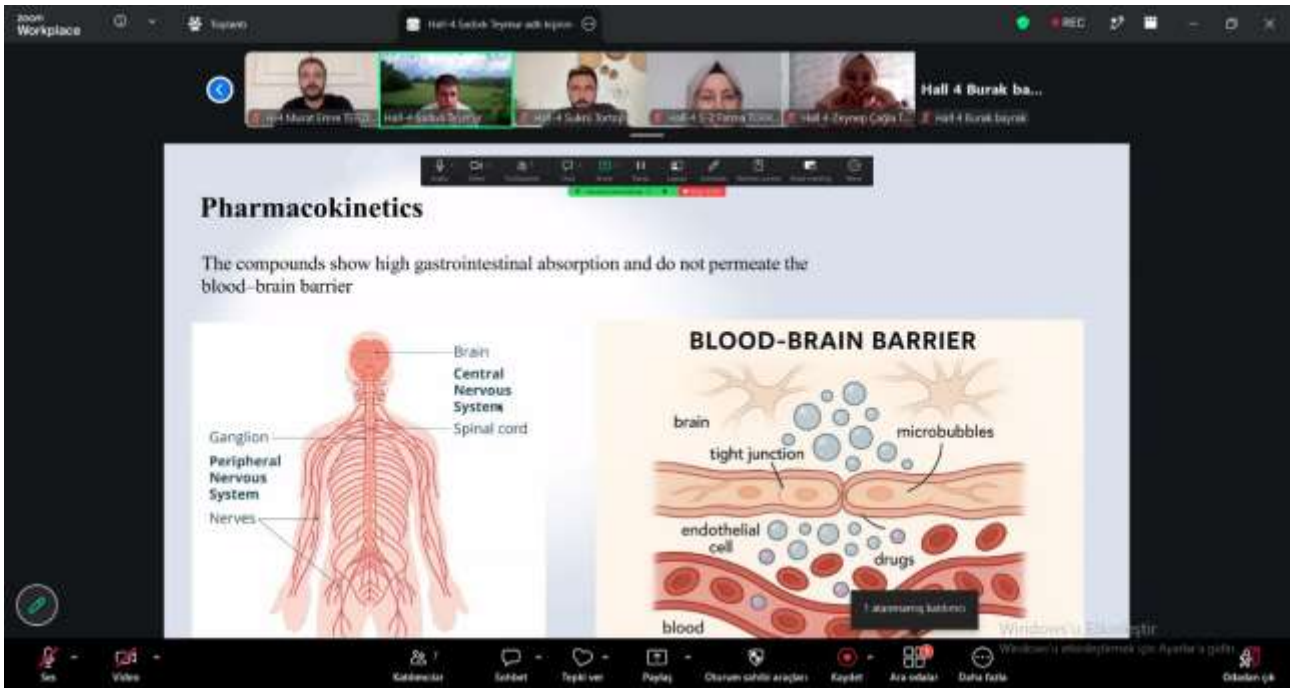
Workplace
ISARC academy...
Darülmuallimâtın eğitim programında genel kültür dersleri ile öğretmenlik meslek dersleri birlikte verilmiştir. Türkçe, tarih, coğrafya, matematik, din bilgisi, fen bilgisi ve müzik gibi derslerin yanında öğretim yöntemleri, çocuk psikolojisi, sınıf yönetimi ve eğitim uygulamalarına da yer verilmiştir.
Öğretmen adaylarının teorik bilgilerini uygulama okullarında kullanmaları sağlanarak mesleki deneyim kazanmaları amaçlanmıştır. Bu anlayışla öğretmenlik, yalnızca bilgi aktarmaya dayanan bir görev olarak değil, pedagojik bilgi ve mesleki yeterlilik gerektiren profesyonel bir meslek olarak ele alınmıştır.
DERS PROGRAMI

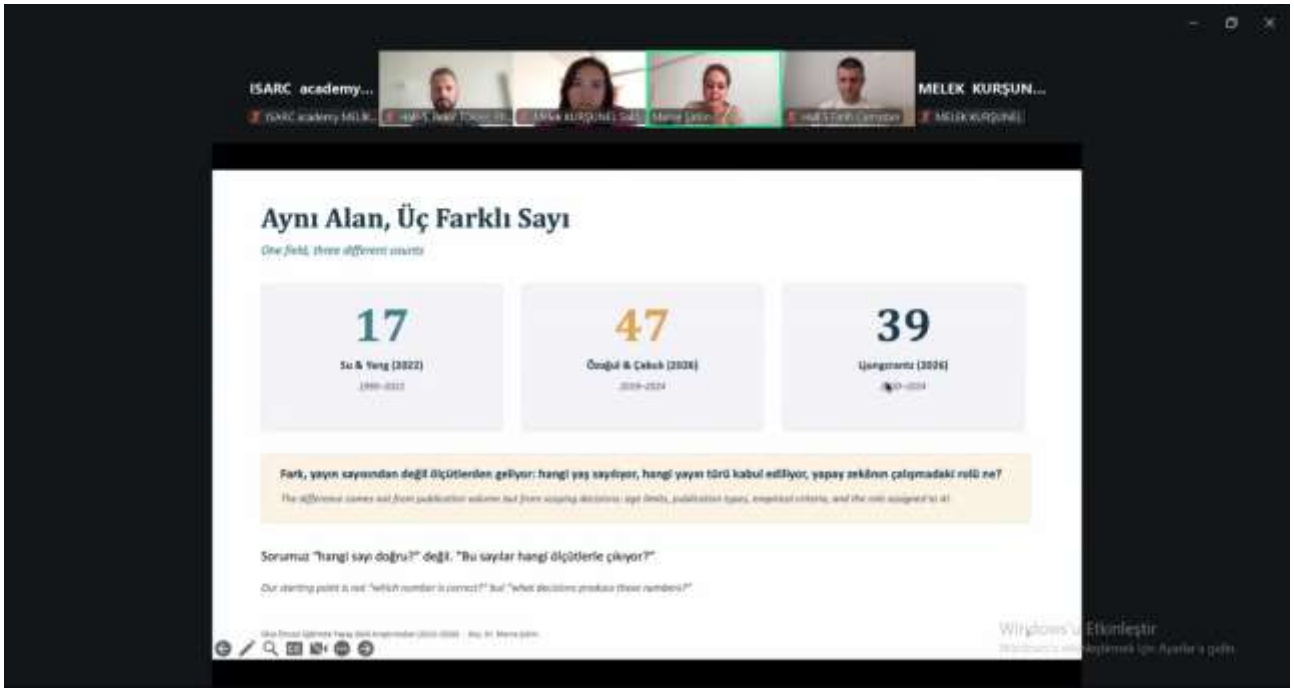

Workplace
ISARC academy...
Hastaya Ait Faktörler
Hasta demografisi tek başına kesin bir belirleyici olmayabilir; biyolojik koşullar ve hijyenle birlikte yorumlanmalıdır.
Yaş ve cinsiyet
Literatürde tam görüş birliği yoktur. Yaşın etkisi, kemik matürasyonu ve kortikal kalınlıkla birlikte değerlendirilmelidir.
Biyolojik / periodontal durum
Sistemik durum, sigara kullanımı ve periodontal dokular stabilite için risk modifiye edicileridir.
Oral hijyen: değiştirilebilir risk
Plak birikimi; mukozal inflamasyon, kanama, hiperplazi ve mobilite riskini artırabilir.
Klinik yaklaşım: Keratinize/attached gingiva tercihi, bölgeye özel hijyen eğitimi ve inflamasyonun erken saptanması.
Başarının önemli bir bölümü, işlem sonrasında sürdürülen hasta eğitimi ve düzenli takiple korunur.

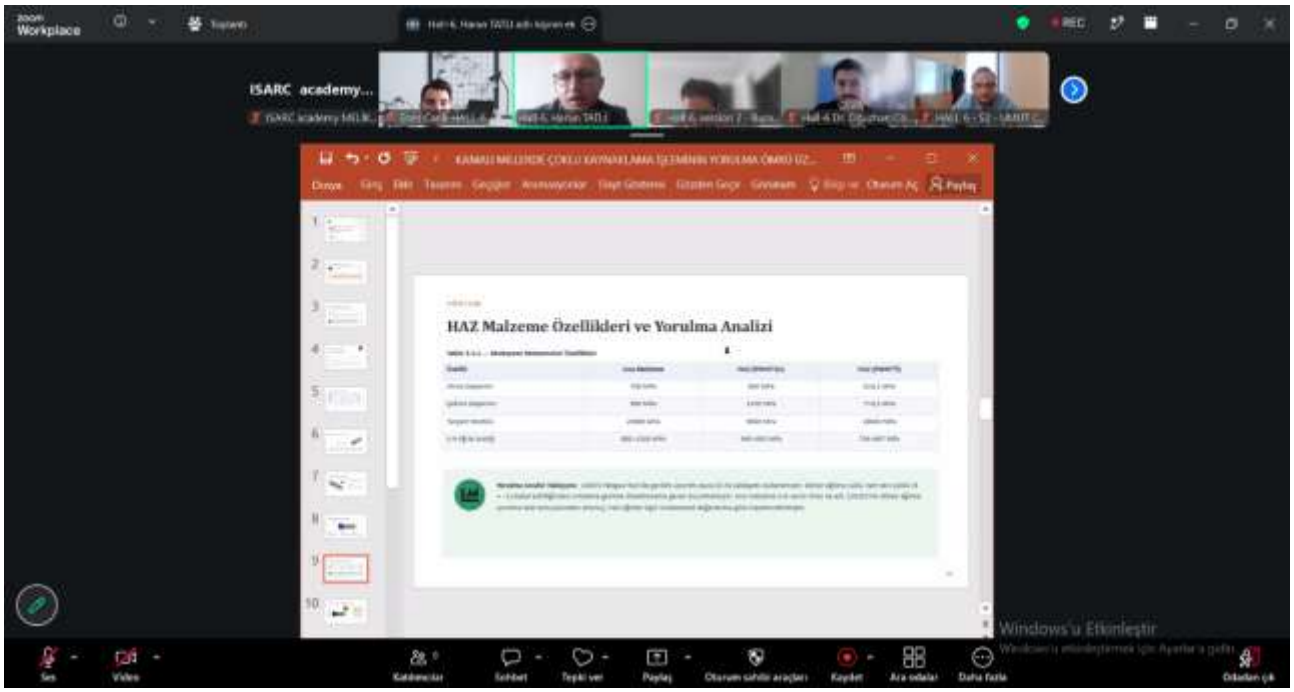

Prostat Kanserinde Yeni Moleküler Hedeflere İhtiyaç
1. Mevcut tedaviler lokalize hastalıkta etkilidir
Cerrahi
Radyoterapi
2. Ancak hastalığın progresyonu önlenememektedir
• Hastalık ilerlemesi
• Metastaz
• Nüks
3. Bu durum daha iyi bir anlayışı zorunlu kılmaktadır
4. Yeni hedefe yönelik tedaviler
SONUÇ:

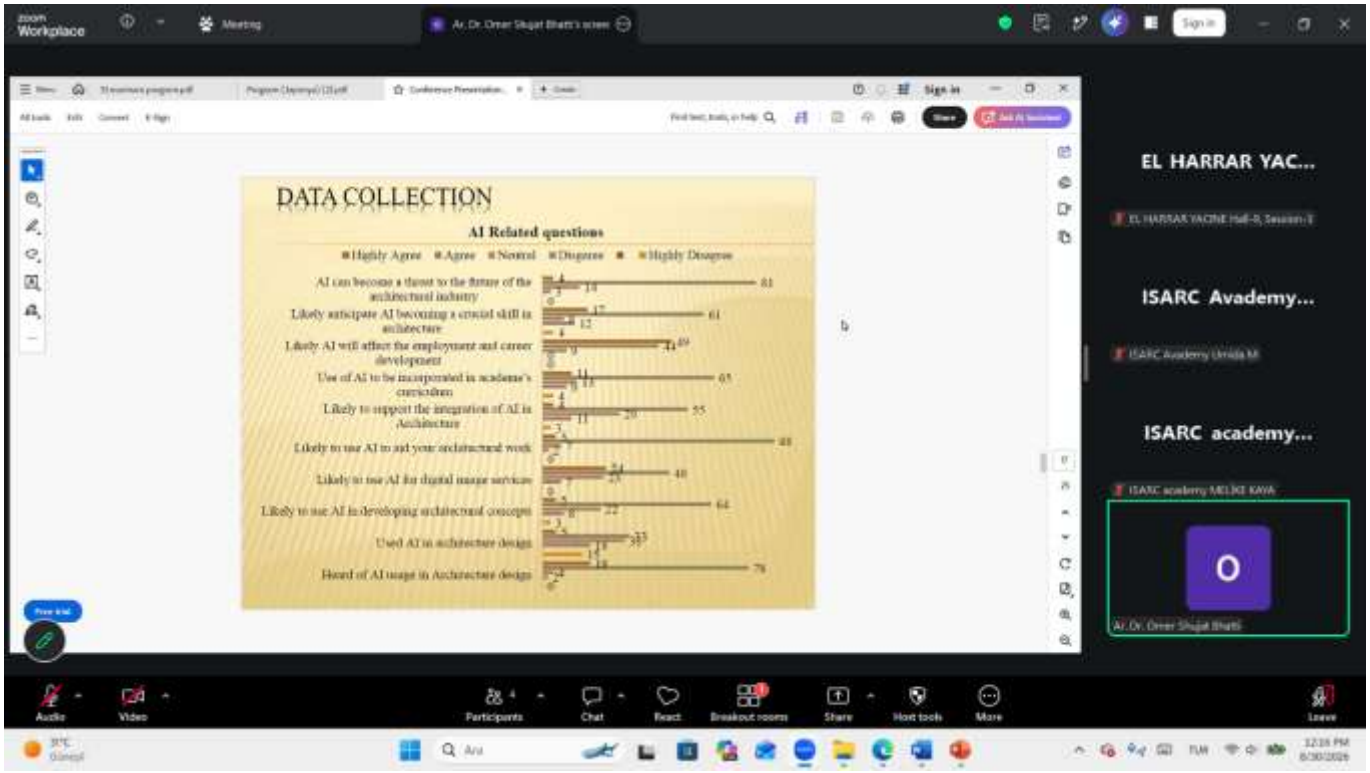

RECENT 2024–2026 REGULATORY CHANGES
The EU significantly changed its Trans-European Networks framework between 2021 and 2026 to align infrastructure with the European Green Deal and respond to geopolitical shifts.
The most critical changes occurred through the adoption of the new TEN-E Regulation (2022) and the revised TEN-T Regulation (2024).

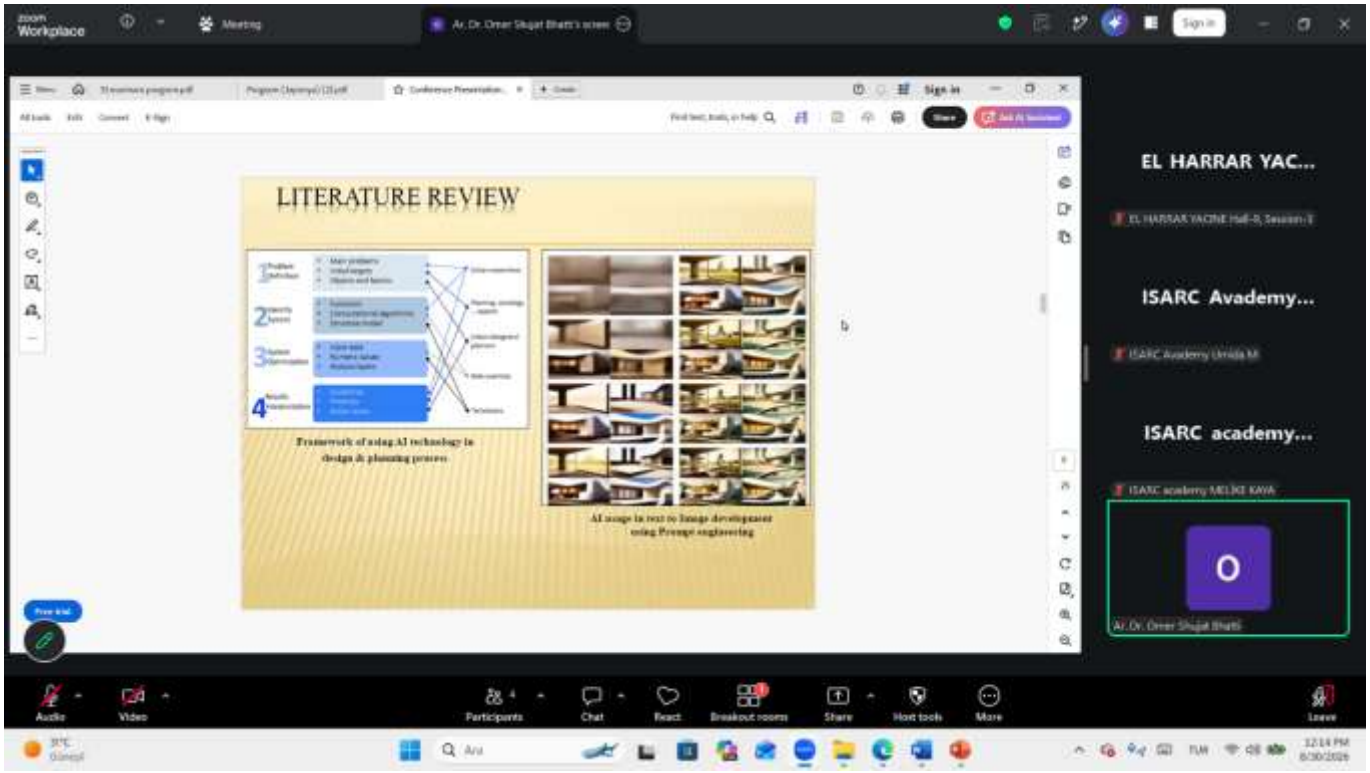

ISARC academy...
Hall-3, Session-...
Kavramsal kapsam


Hall 4 Burak ba...
Pharmacokinetics
The compounds show high gastrointestinal absorption and do not permeate the blood–brain barrier
Brain
Central Nervous System
Spinal cord
Ganglion
Peripheral Nervous System
Nerves
BLOOD-BRAIN BARRIER
brain
tight junction
microbubbles
endothelial cell
drugs
blood

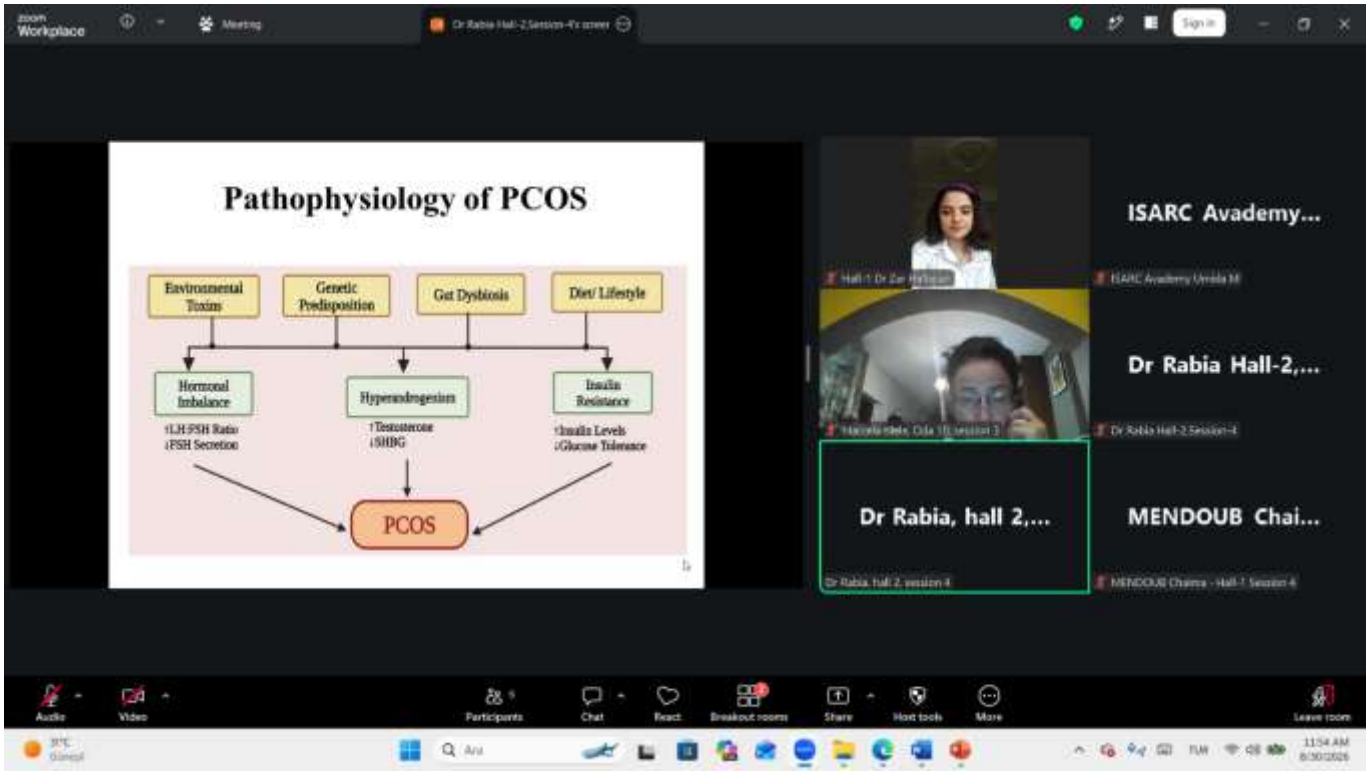

ISARC academy...
MELEK KURŞUN...
Aynı Alan, Üç Farklı Sayı
17
47
39
Fark, yayın sayısından değil ölçütlerden geliyor: hangi yaş sayılıyor, hangi yayın türü kabul ediliyor, yapay zekânın çalışmadaki rolü ne?
Sorumuz "hangi sayı doğru?" değil. "Bu sayılar hangi ölçütlerle çıkıyor?"

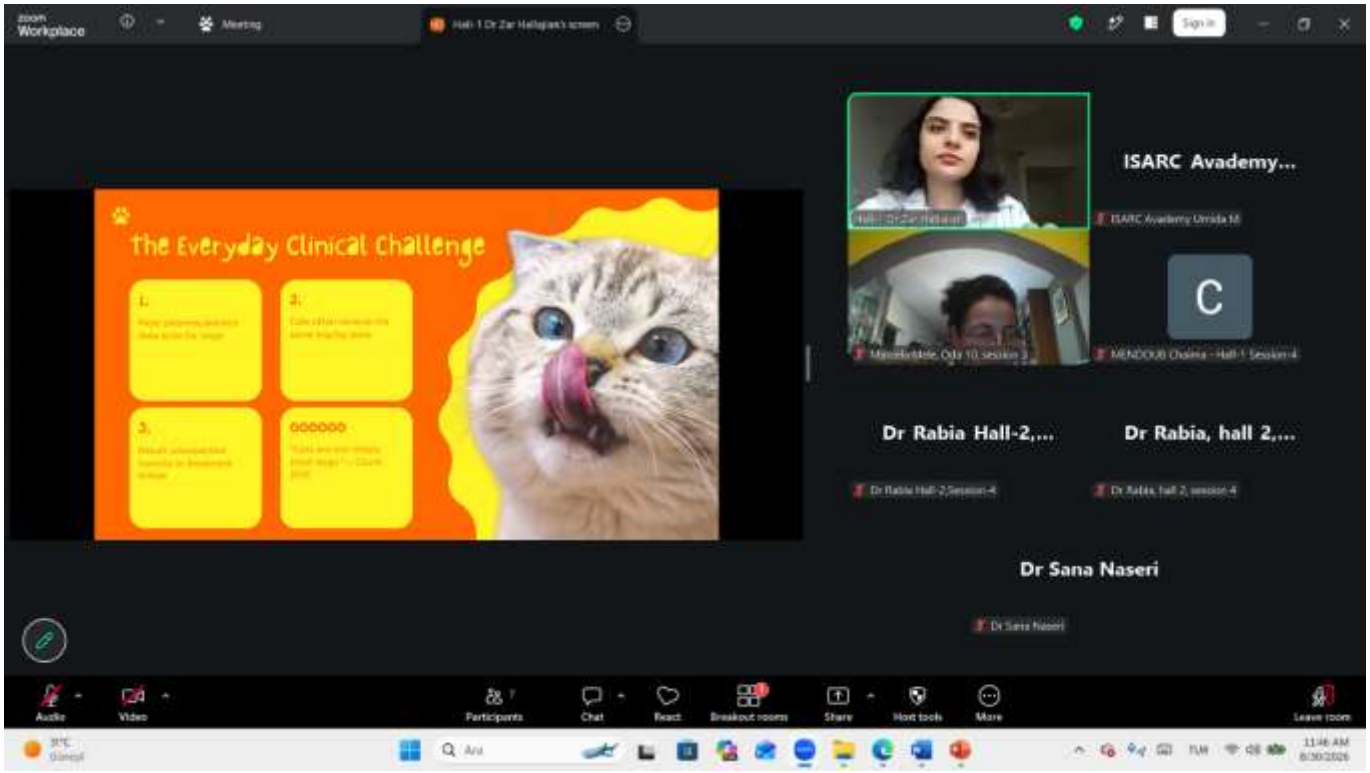

ISARC academy...
HAZ Malzeme Özellikleri ve Yorulma Analizi

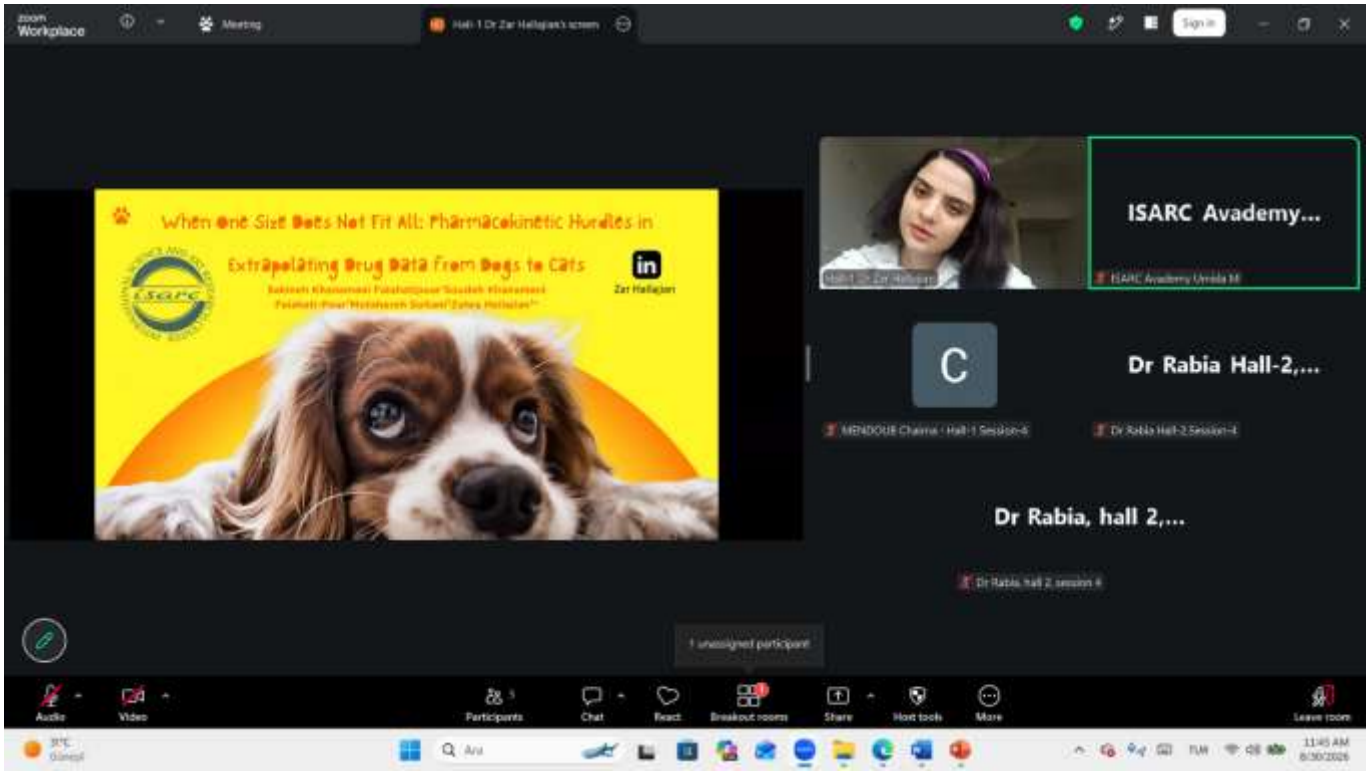

DATA COLLECTION
AI Related questions
Highly Agree
Agree
Neutral
Disagree
Highly Disagree
AI can become a threat to the future of the architectural industry
Likely anticipate AI becoming a crucial skill in architecture
Likely AI will affect the employment and career development
Use of AI to be incorporated in academe's curriculum
Likely to support the integration of AI in Architecture
Likely to use AI to aid your architectural work
Likely to use AI for digital image services
Likely to use AI in developing architectural concepts
Used AI in architecture design
Heard of AI usage in Architecture design
EL HARRAR YAC...
ISARC Avademy...
ISARC academy...
Audio
Video
Participants
Chat
React
Breakout rooms
Share
Host tools
More
Leave

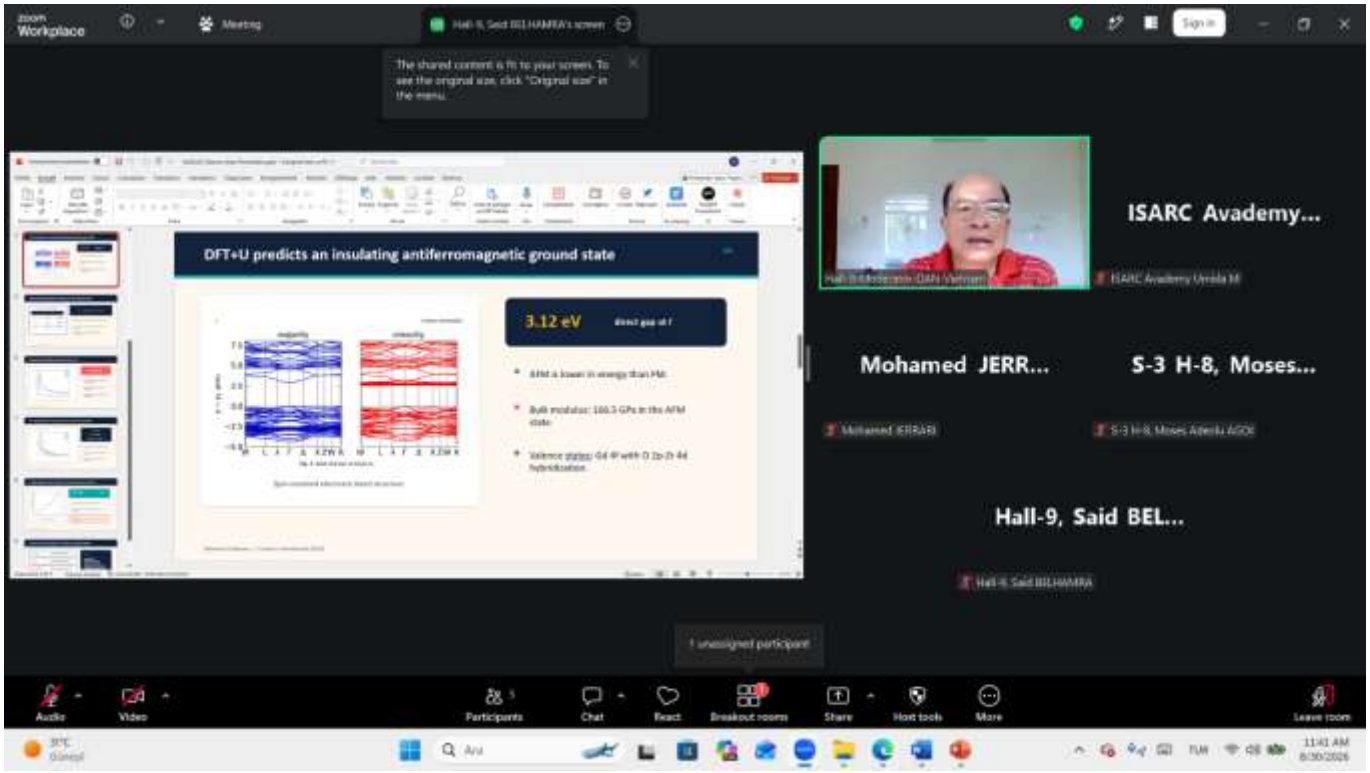

LITERATURE REVIEW
Framework of using AI technology in design & planning process
AI usage in rest to Image development using Prompt engineering
EL HARRAR YAC...
ISARC Avademy...
ISARC academy...
Audio
Video
Participants
Chat
React
Breakout rooms
Share
Host tools
More
Leave

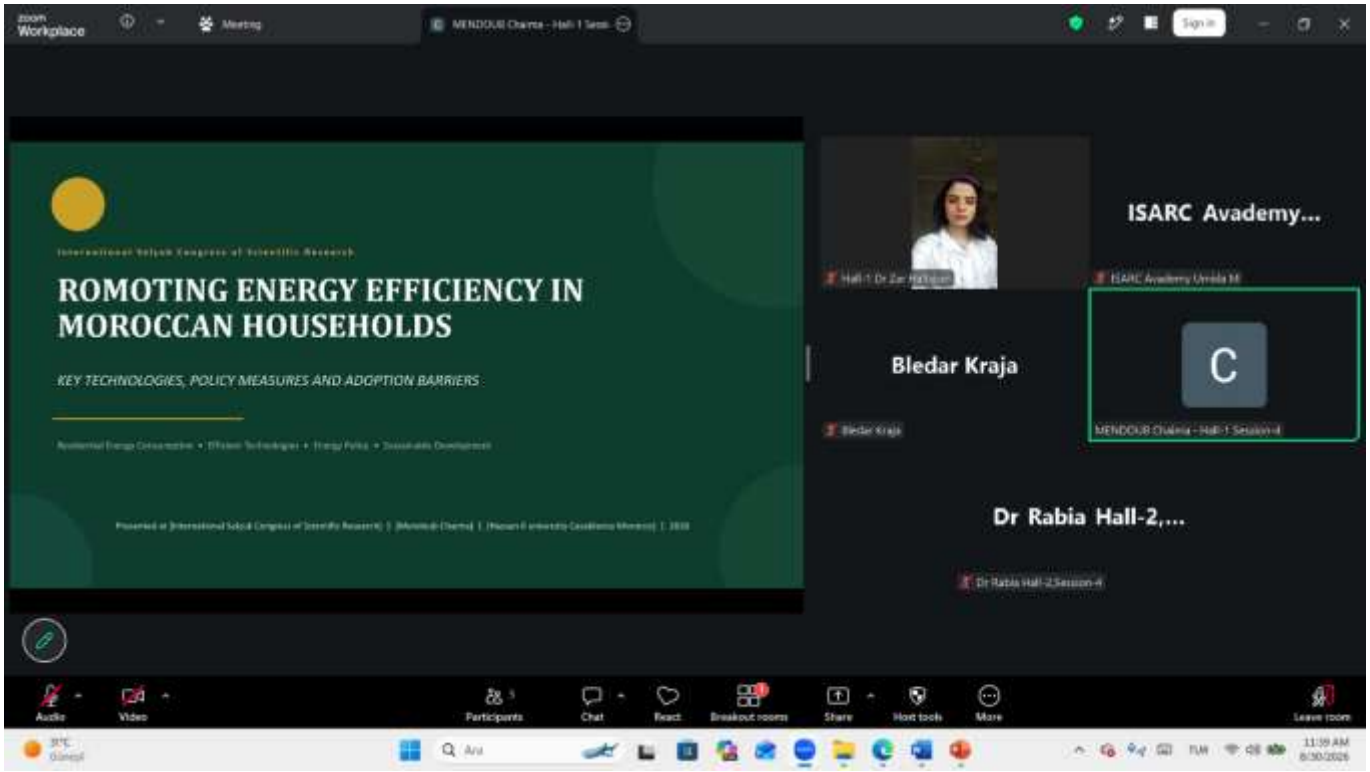
AI AND CONTEMPORARY BUSINESS PRACTICES IN ARCHITECTURE. A CASE OF ARCHITECTURAL DESIGN INDUSTRY IN PAKISTAN
Ar. Hafiz Muhammad Ahmed Nadeem, Assistant Professor, Dept. of Architecture, NFC-IET, Multan.
Ar. Omer Shujat Bhatti, Associate Professor & COD, Dept. of Architecture, School of Architecture & Planning, University of Management & Technology, Lahore.
EL HARRAR YAC...
ISARC Avademy...
ISARC academy...
1 unassigned participant

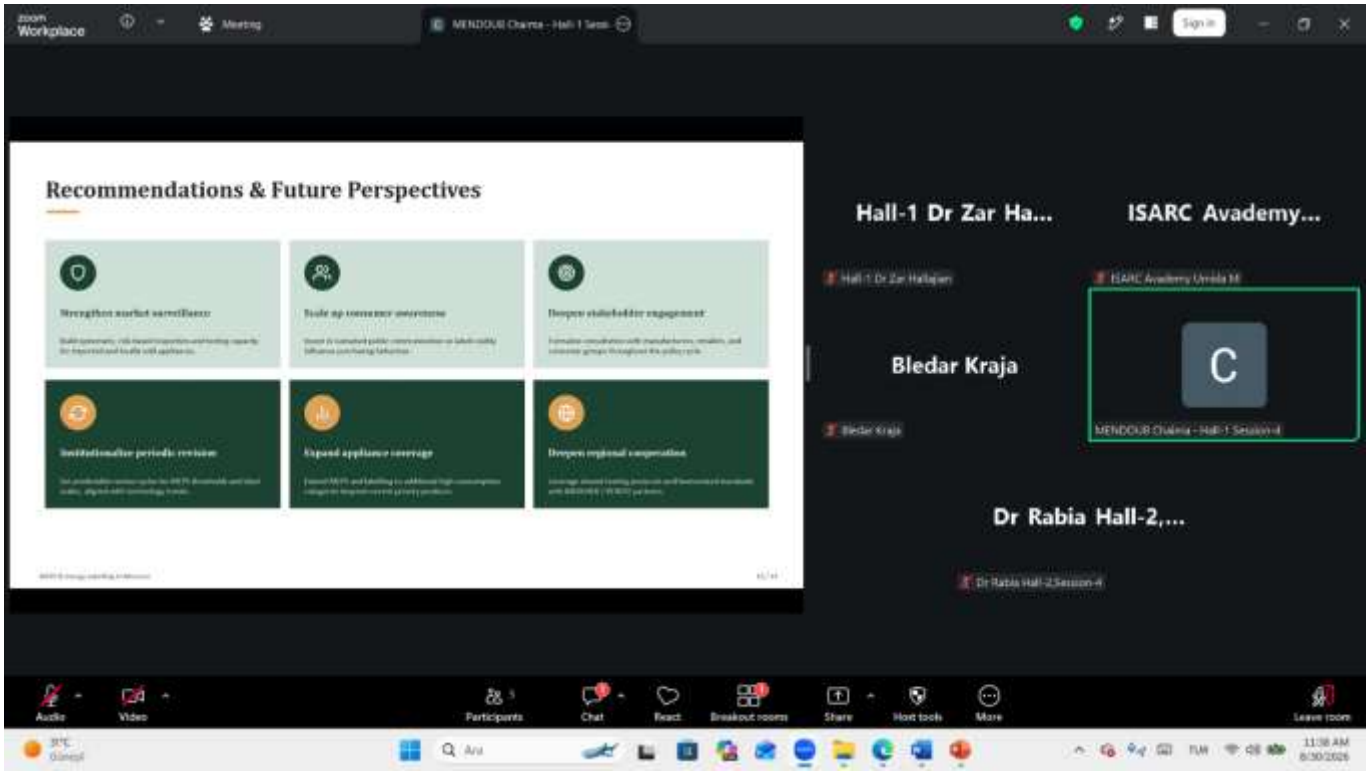

Pathophysiology of PCOS
Environmental Toxins
Genetic Predisposition
Gut Dysbiosis
Diet/ Lifestyle
Hormonal Imbalance
↑LH:FSH Ratio
↓FSH Secretion
Hyperandrogenism
↑Testosterone
↓SHBG
Insulin Resistance
↑Insulin Levels
↓Glucose Tolerance
PCOS
ISARC Avademy...
Dr Rabia Hall-2,...
Dr Rabia, hall 2,...
MENDOUB Chai...

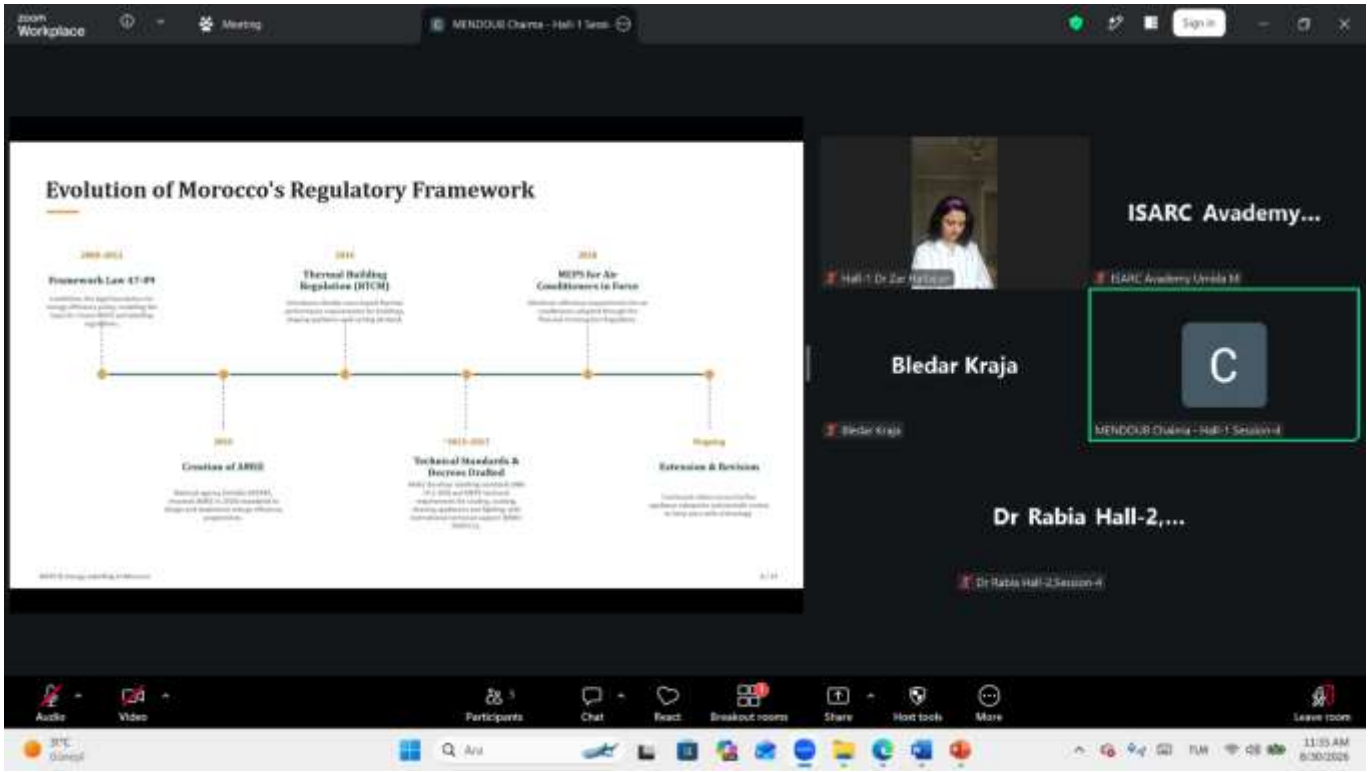

the Everyday Clinical Challenge
ISARC Avademy...
Dr Rabia Hall-2,...
Dr Rabia, hall 2,...
Dr Sana Naseri

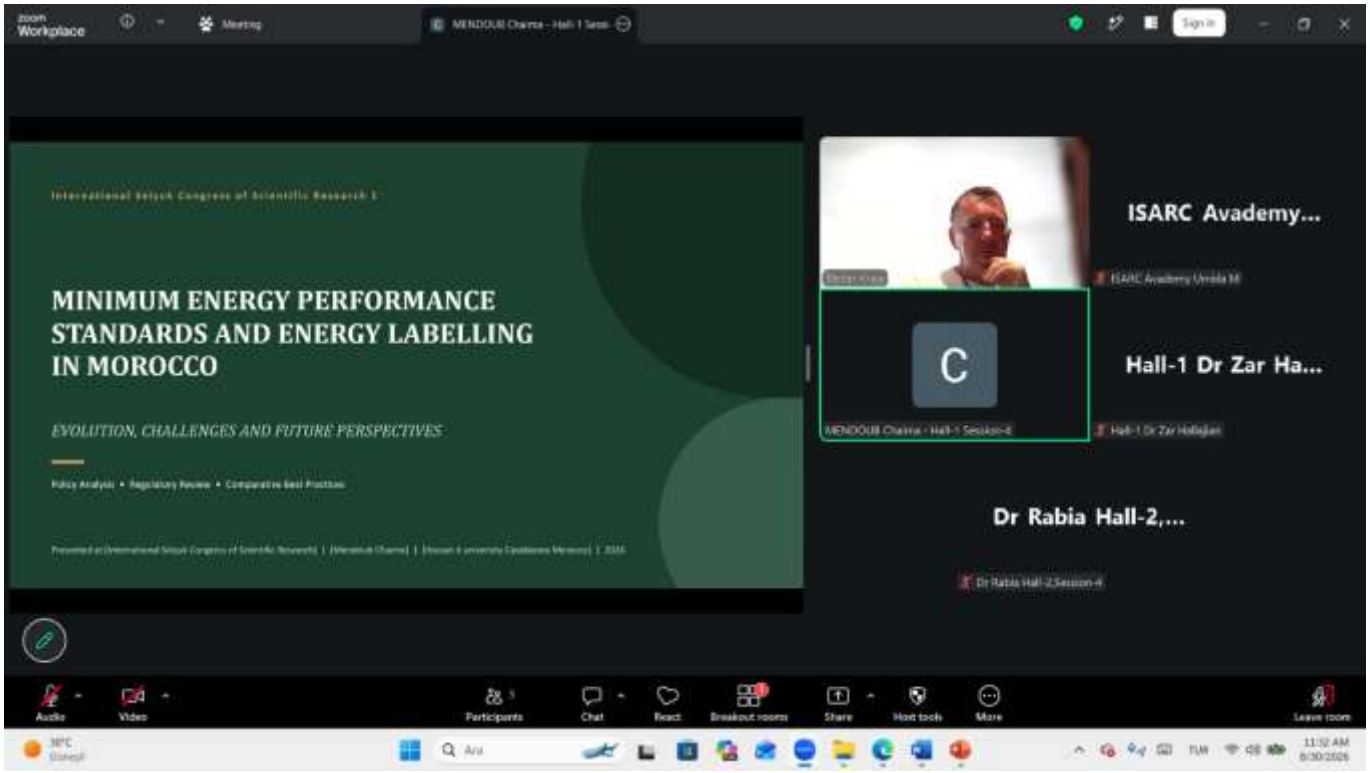

When One Size Does Not Fit All: Pharmacokinetic Hurdles in
Extrapolating Drug Data from Dogs to Cats
ISARC Avademy...
Dr Rabia Hall-2,...
Dr Rabia, hall 2,...

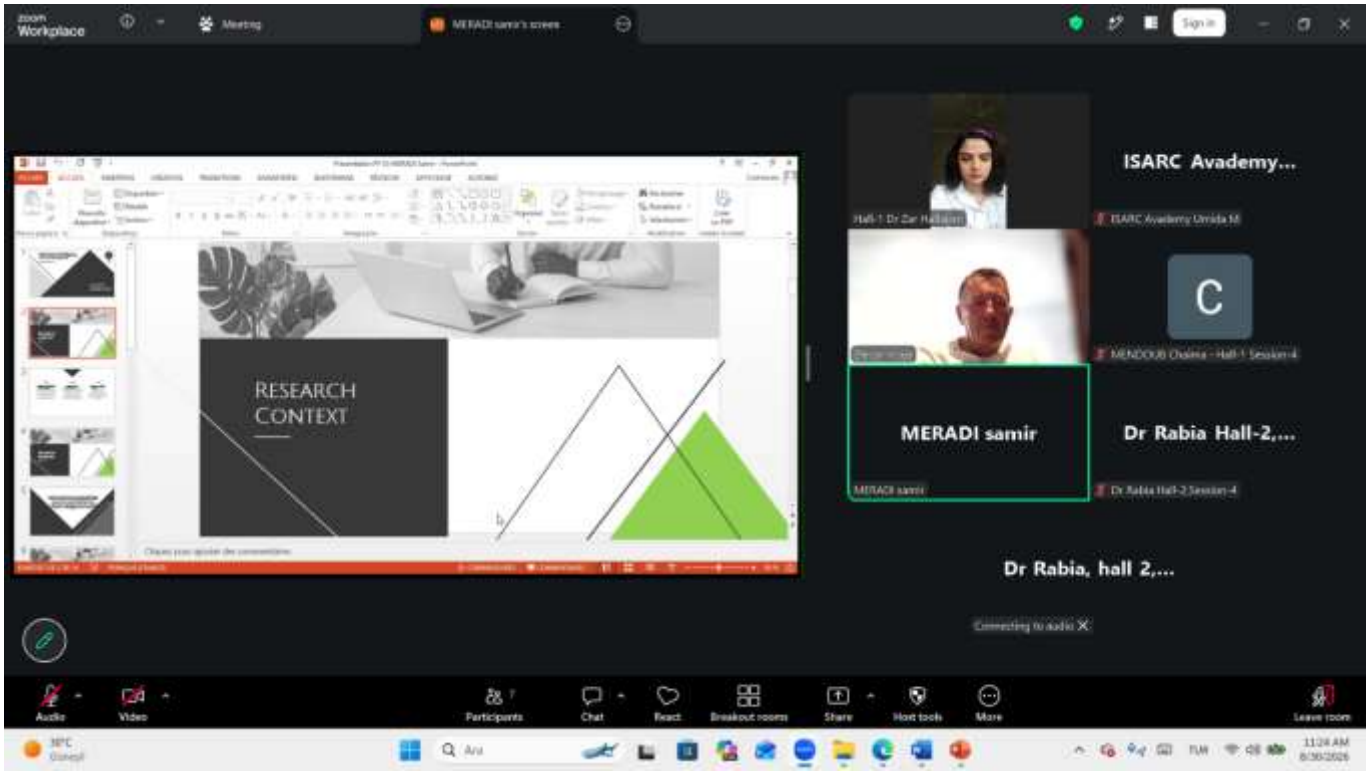

Workplace
Meeting
The shared content is fit to your screen. To see the original size, click "Original size" in the menu.
DFT+U predicts an insulating antiferromagnetic ground state
3.12 eV
ISARC Avademy...
Mohamed JERR...
S-3 H-8, Moses...
Hall-9, Said BEL...
1 unassigned participant
Audio
Video
Participants
Chat
React
Breakout rooms
Share
Host tools
More
Leave room

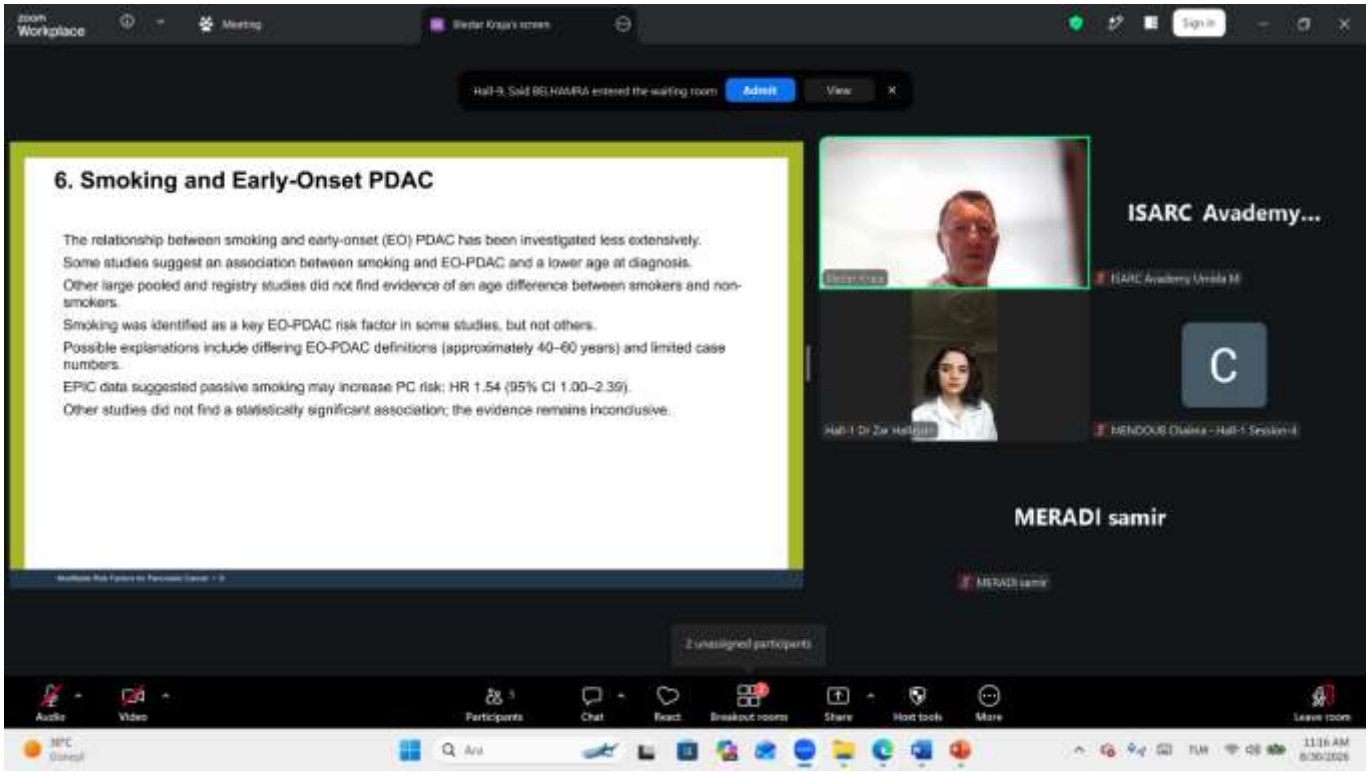

Workplace
Meeting
ROMOTING ENERGY EFFICIENCY IN MOROCCAN HOUSEHOLDS
KEY TECHNOLOGIES, POLICY MEASURES AND ADOPTION BARRIERS
ISARC Avademy...
Bledar Kraja
C
Dr Rabia Hall-2,...
Audio
Video
Participants
Chat
React
Breakout rooms
Share
Host tools
More
Leave room

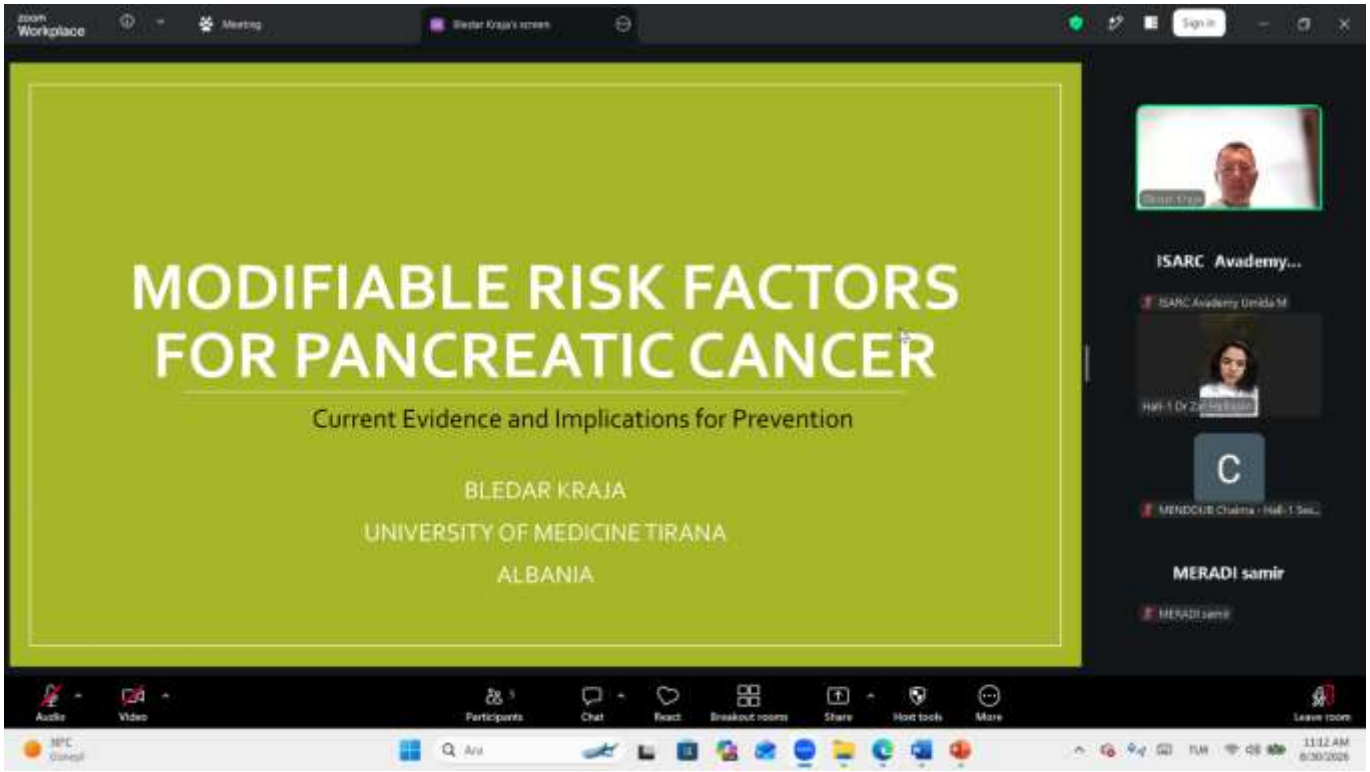

Recommendations & Future Perspectives
Strengthen market surveillance
Scale up consumer awareness
Deepen stakeholder engagement
Institutionalize periodic revision
Expand appliance coverage
Deepen regional cooperation
Hall-1 Dr Zar Ha...
ISARC Avademy...
Bledar Kraja
C
Dr Rabia Hall-2,...

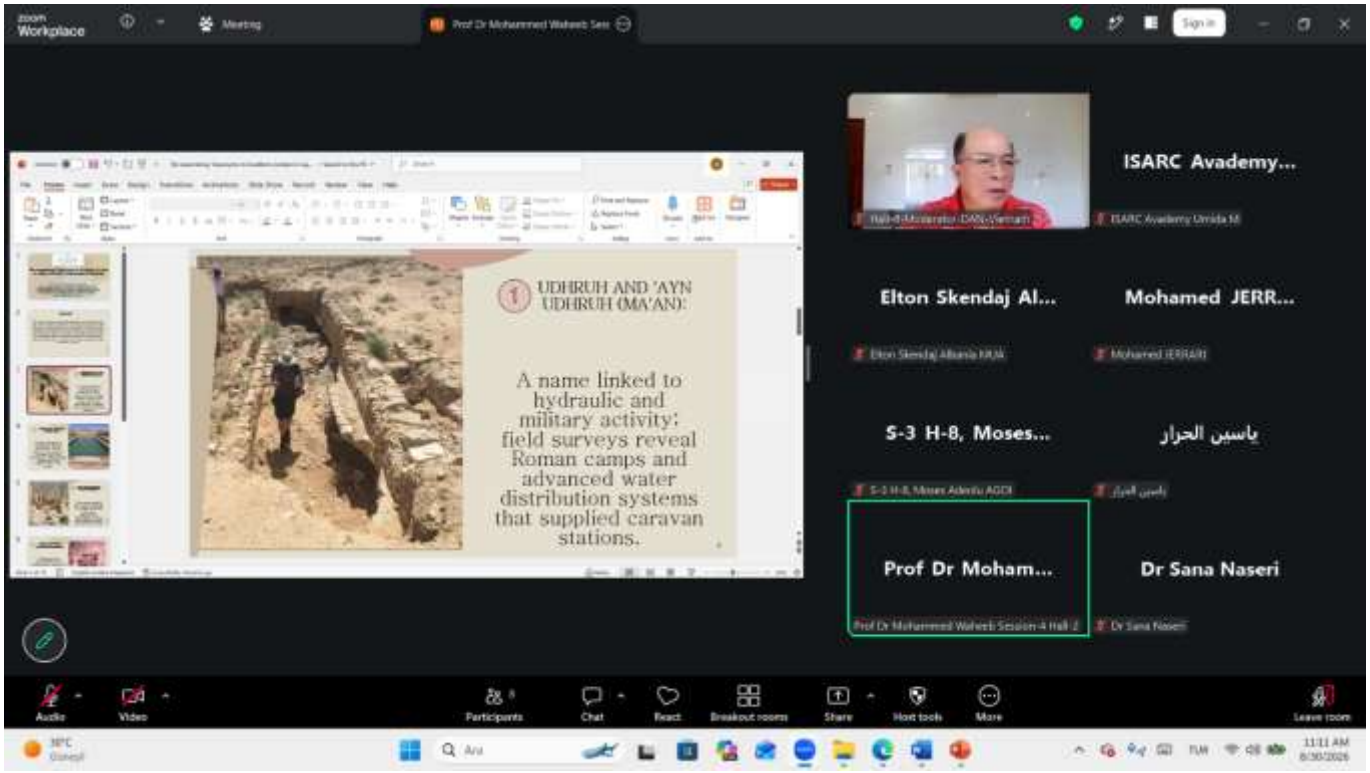

Evolution of Morocco's Regulatory Framework
Framework Law 47-09
Thermal Building Regulation (RTCM)
MEPS for Air Conditioners in Force
Creation of AMEE
Technical Standards & Decrees Drafted
Extension & Revision
ISARC Avademy...
Bledar Kraja
C
Dr Rabia Hall-2,...

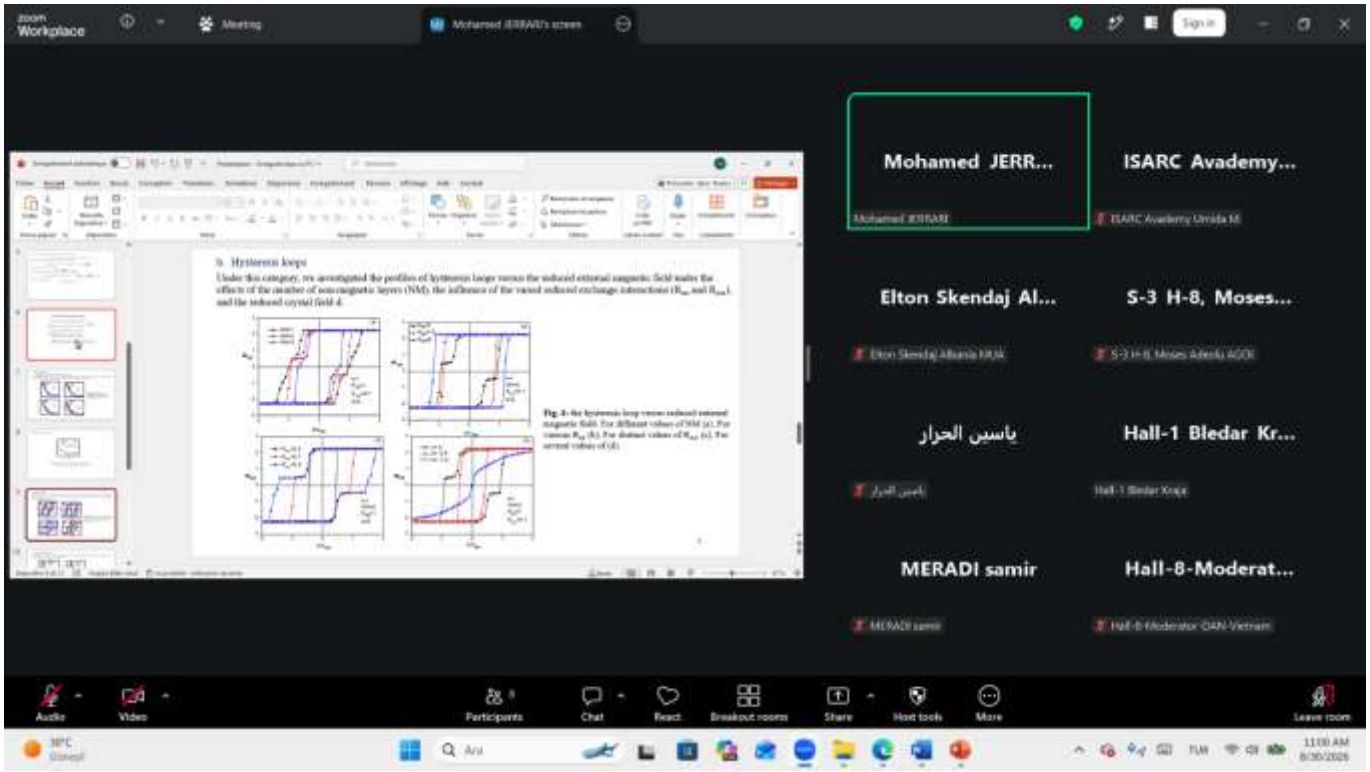

MINIMUM ENERGY PERFORMANCE STANDARDS AND ENERGY LABELLING IN MOROCCO
EVOLUTION, CHALLENGES AND FUTURE PERSPECTIVES
ISARC Avademy...
Hall-1 Dr Zar Ha...
Dr Rabia Hall-2,...

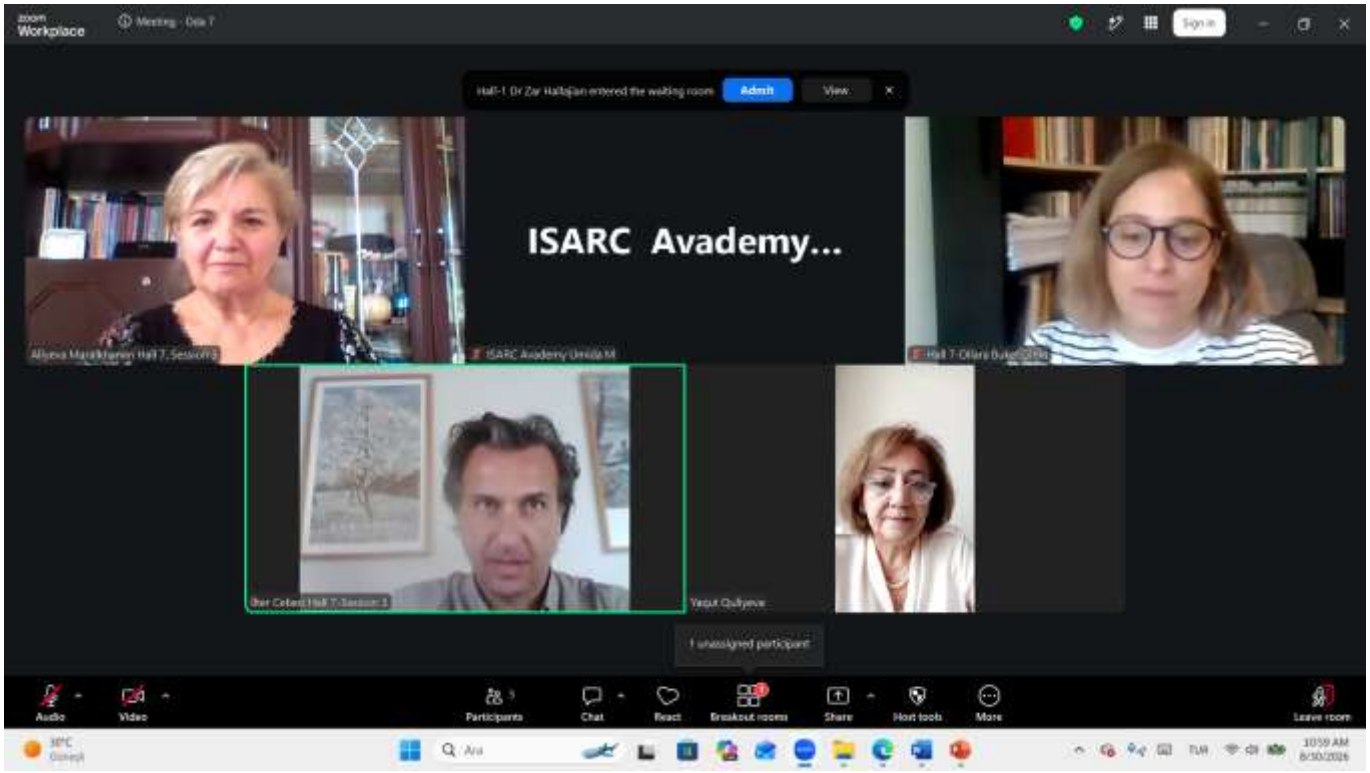

RESEARCH CONTEXT
ISARC Avademy...
MERADI samir
Dr Rabia Hall-2,...
Dr Rabia, hall 2,...

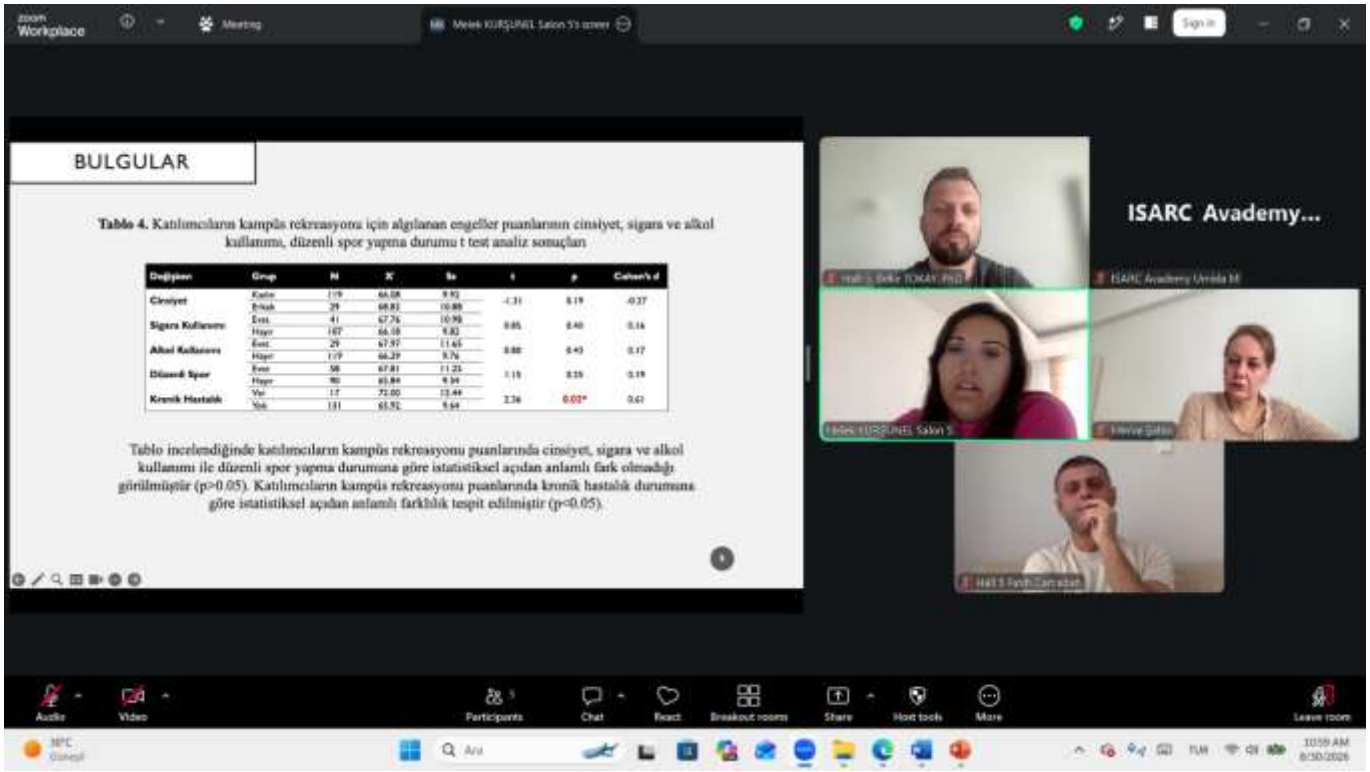

6. Smoking and Early-Onset PDAC
The relationship between smoking and early-onset (EO) PDAC has been investigated less extensively.
Some studies suggest an association between smoking and EO-PDAC and a lower age at diagnosis.
Other large pooled and registry studies did not find evidence of an age difference between smokers and non-smokers.
Smoking was identified as a key EO-PDAC risk factor in some studies, but not others.
Possible explanations include differing EO-PDAC definitions (approximately 40–60 years) and limited case numbers.
EPIC data suggested passive smoking may increase PC risk; HR 1.54 (95% CI 1.00–2.39).
Other studies did not find a statistically significant association; the evidence remains inconclusive.
ISARC Avademy...
MERADI samir

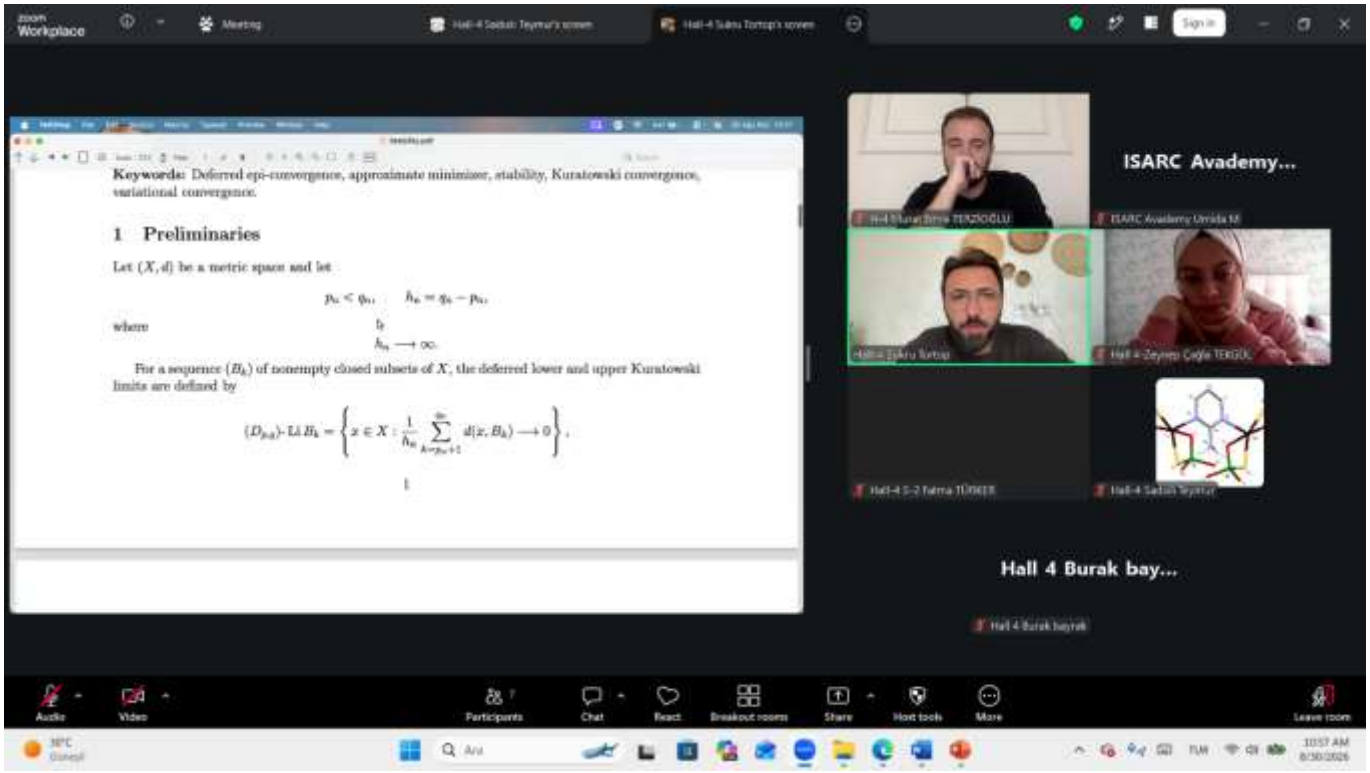

MODIFIABLE RISK FACTORS FOR PANCREATIC CANCER
Current Evidence and Implications for Prevention
BLEDAR KRAJA
UNIVERSITY OF MEDICINE TIRANA
ALBANIA
ISARC Avademy...
MERADI samir

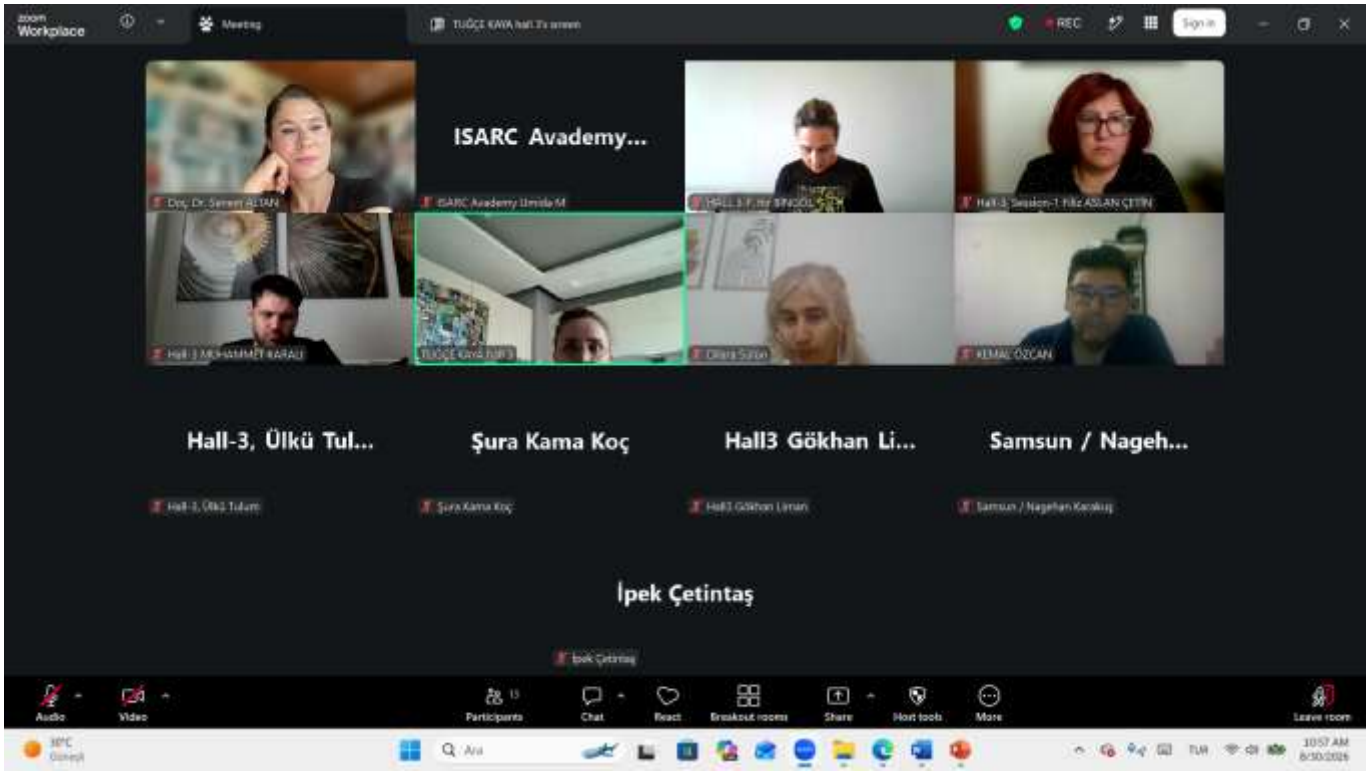

zoom Workplace
Meeting
Prof Dr Mohammed Waheeb Sen
Sign in
UDHRUH AND 'AYN UDHRUH (MA'AN):
A name linked to hydraulic and military activity: field surveys reveal Roman camps and advanced water distribution systems that supplied caravan stations.
ISARC Avademy...
Elton Skendaj Al...
Mohamed JERR...
S-3 H-8, Moses...
ياسين الحرار
Prof Dr Moham...
Dr Sana Naseri
Audio
Video
Participants
Chat
React
Breakout rooms
Share
Host tools
More
Leave room

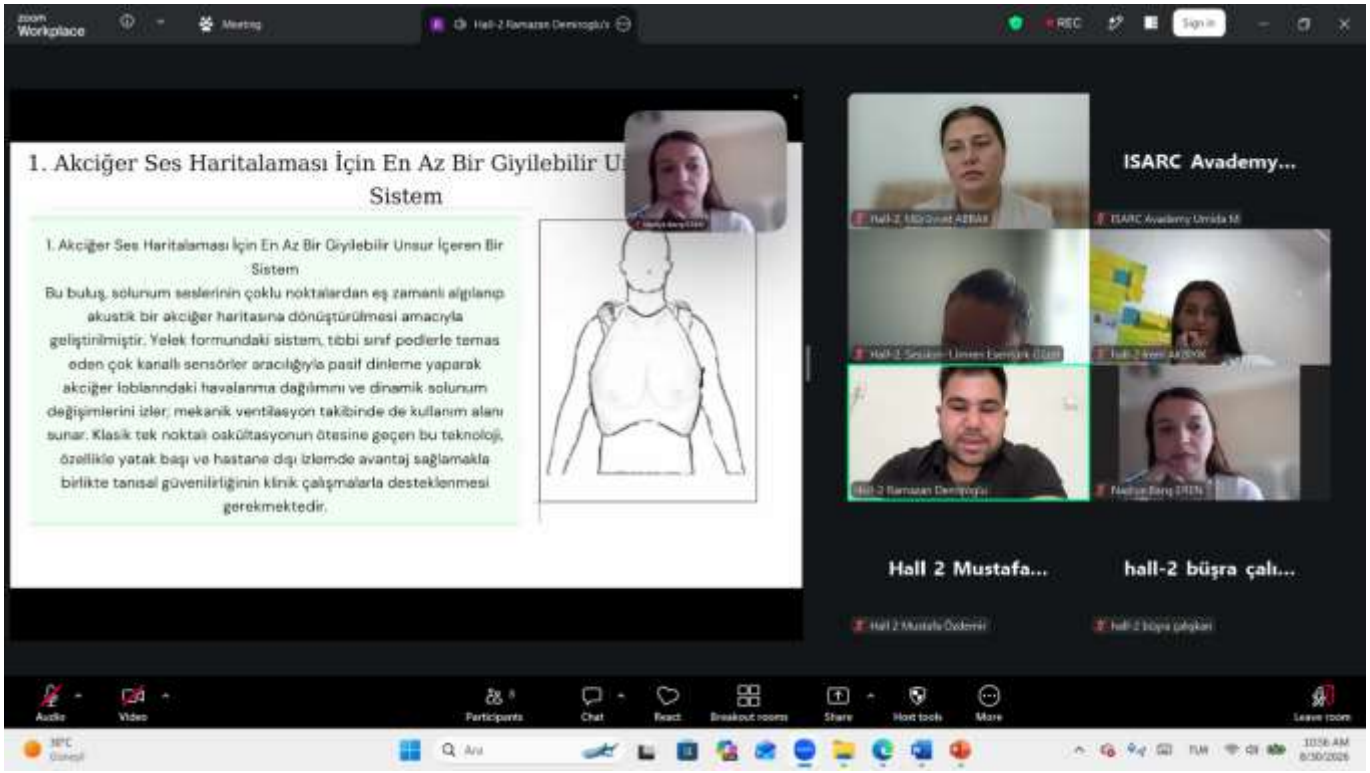

zoom Workplace
Meeting
Mohamed JERRARI's screen
Sign in
Mohamed JERR...
ISARC Avademy...
Elton Skendaj Al...
S-3 H-8, Moses...
ياسين الحرار
Hall-1 Bledar Kr...
MERADI samir
Hall-8-Moderat...
Audio
Video
Participants
Chat
React
Breakout rooms
Share
Host tools
More
Leave room

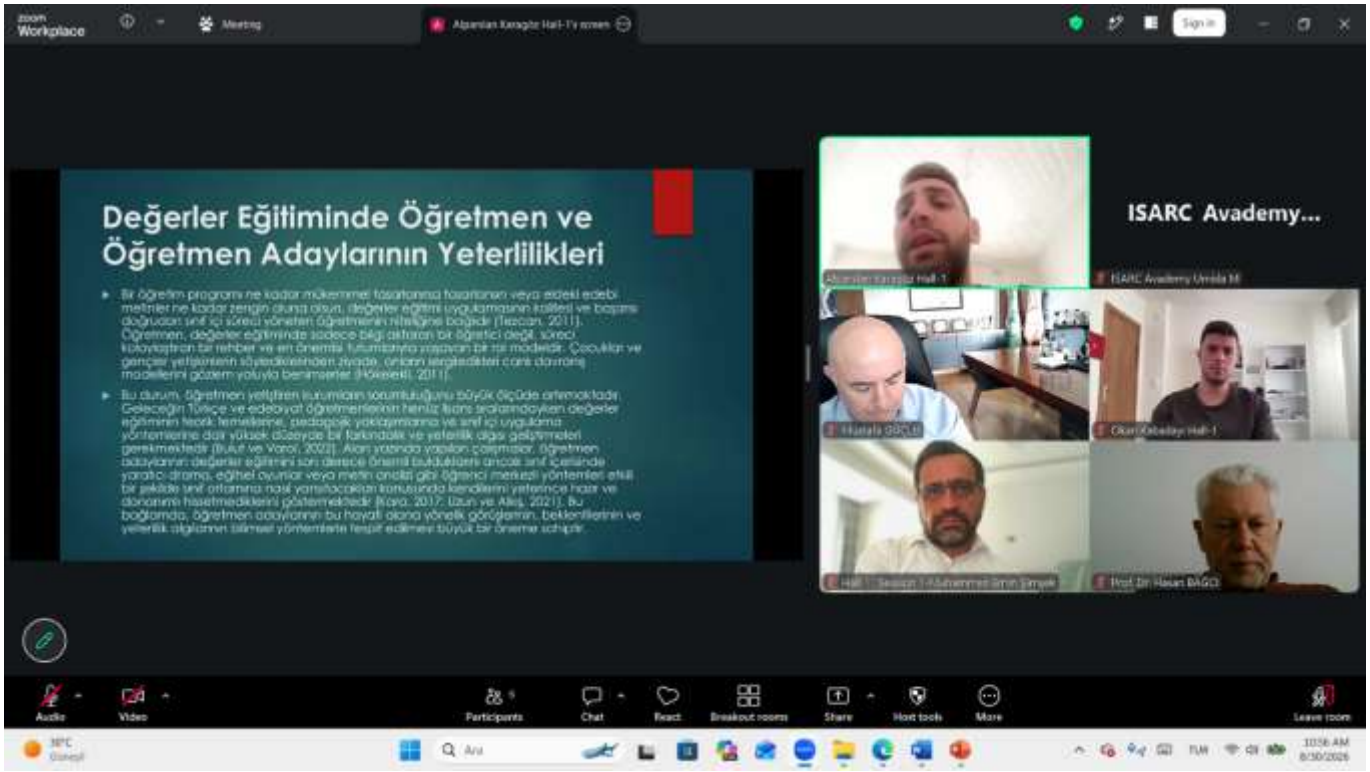

ISARC Avademy...
1 unassigned participant

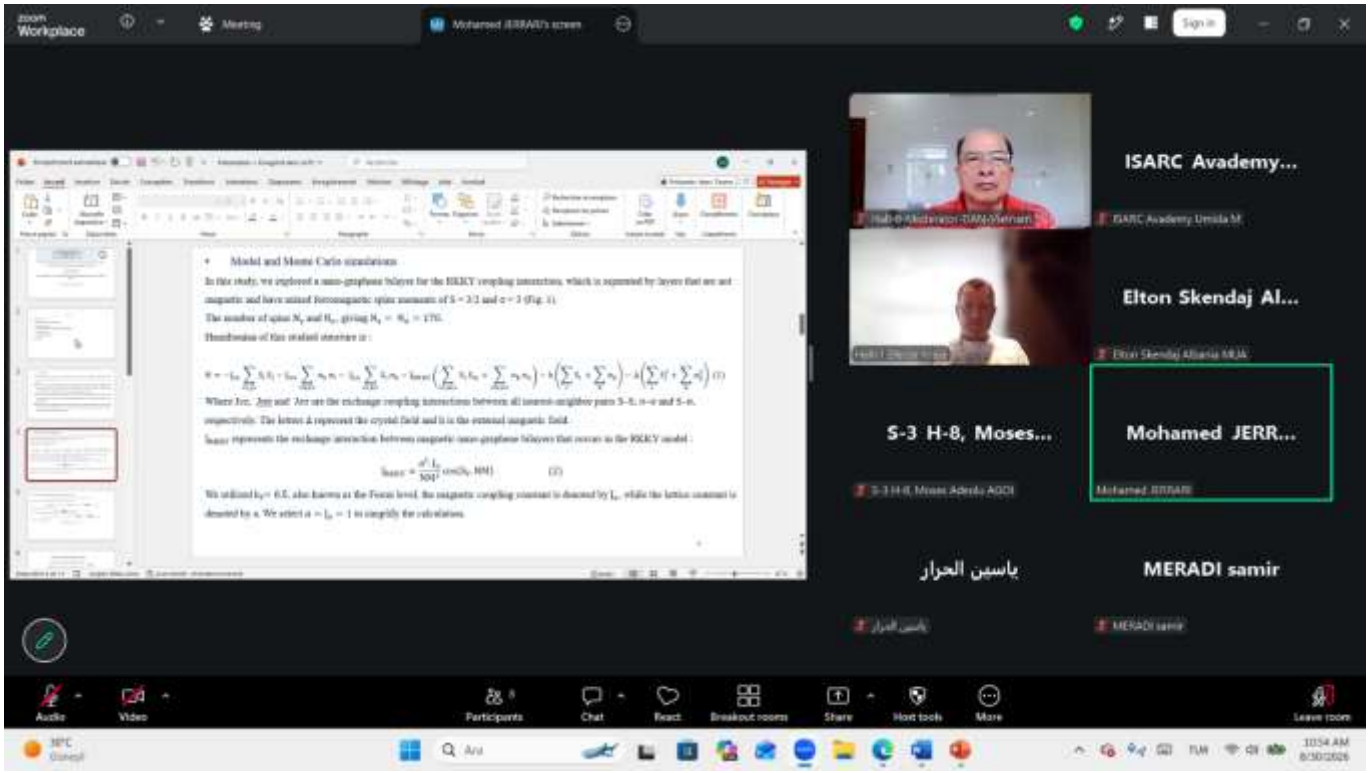

BULGULAR
Tablo 4. Katılımcıların kampüs rekreasyonu için algılanan engeller puanlarının cinsiyet, sigara ve alkol kullanımı, düzenli spor yapma durumu t test analiz sonuçları
Tablo incelendiğinde katılımcıların kampüs rekreasyonu puanlarında cinsiyet, sigara ve alkol kullanımı ile düzenli spor yapma durumuna göre istatistiksel açıdan anlamlı fark olmadığı görülmüştür (p>0.05). Katılımcıların kampüs rekreasyonu puanlarında kronik hastalık durumuna göre istatistiksel açıdan anlamlı farklılık tespit edilmiştir (p<0.05).
ISARC Avademy...

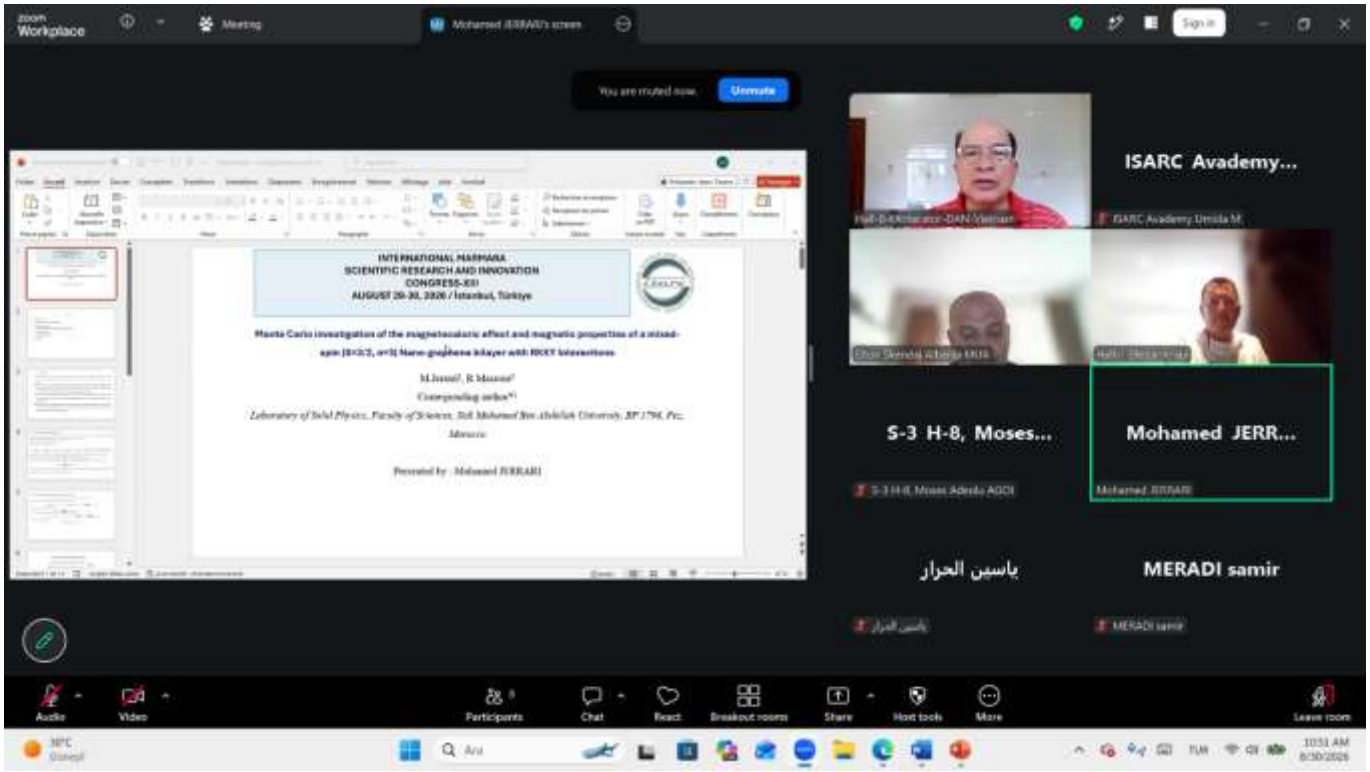

Keywords: Deferred epi-convergence, approximate minimizer, stability, Kuratowski convergence, variational convergence.
1 Preliminaries
Let (X, d) be a metric space and let
where
For a sequence (B_k) of nonempty closed subsets of X, the deferred lower and upper Kuratowski limits are defined by
ISARC Avademy...
Hall 4 Burak bay...

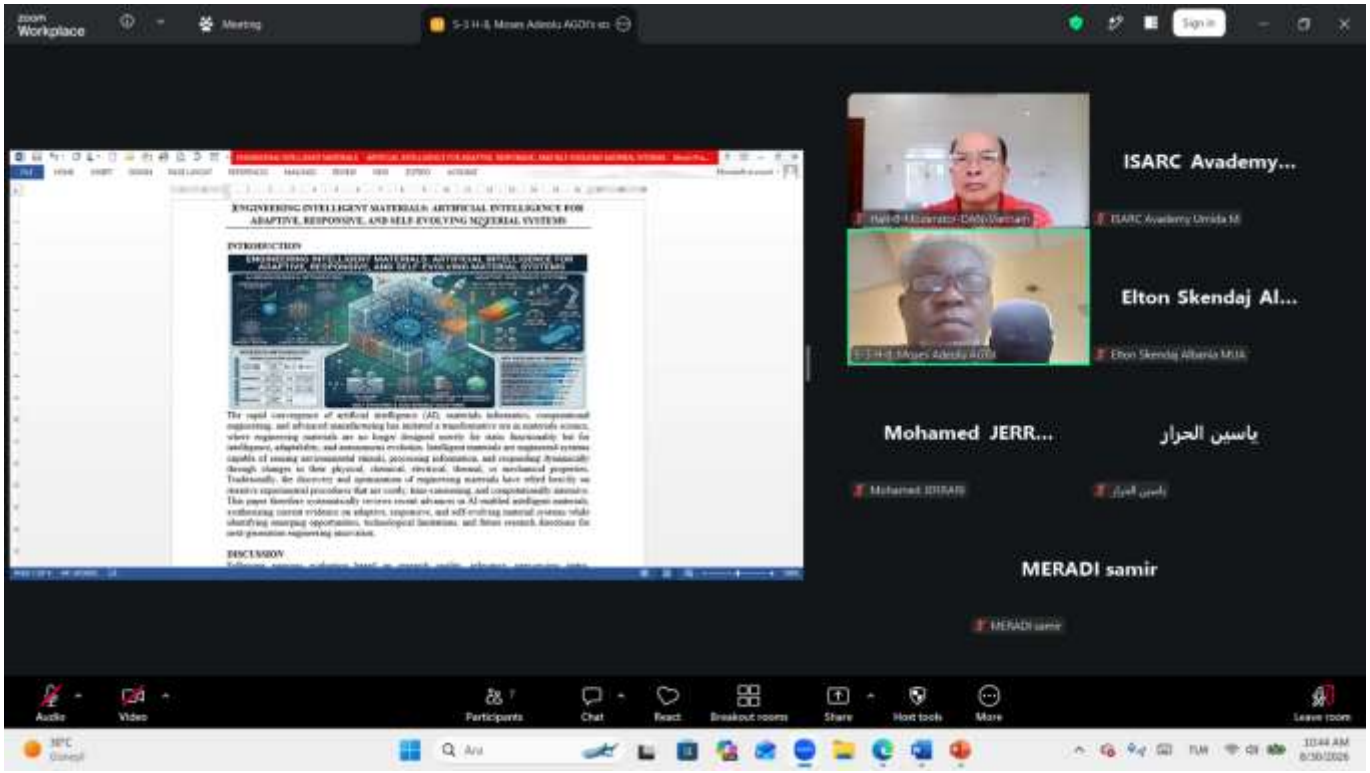

ISARC Avademy...
Hall-3, Ülkü Tul...
Şura Kama Koç
Hall3 Gökhan Li...
Samsun / Nageh...
İpek Çetintaş

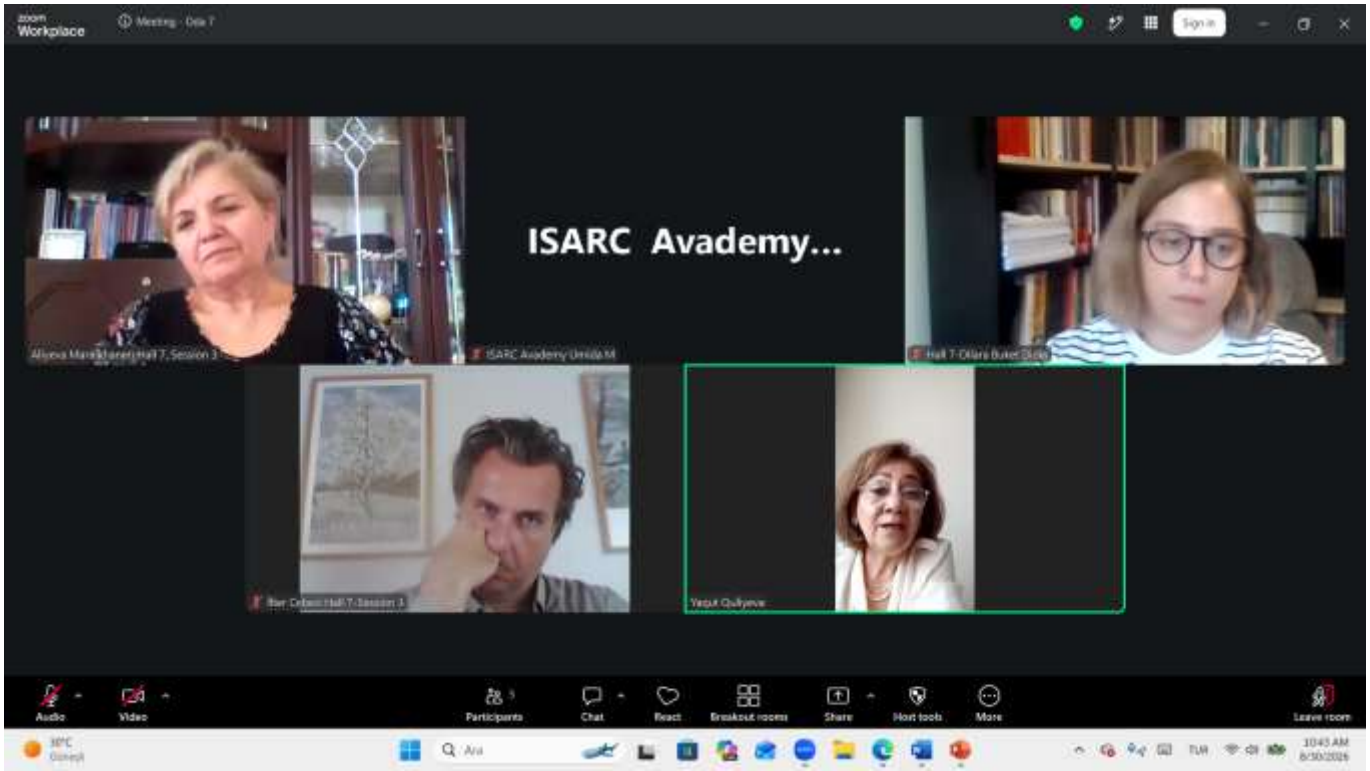

1. Akciğer Ses Haritalaması İçin En Az Bir Giyilebilir U
Sistem
1. Akciğer Ses Haritalaması İçin En Az Bir Giyilebilir Unsur İçeren Bir Sistem
Bu buluş, solunum seslerinin çoklu noktalardan eş zamanlı algılanıp akustik bir akciğer haritasına dönüştürülmesi amacıyla geliştirilmiştir. Yelek formundaki sistem, tıbbi sınıf pedlerle temas eden çok kanallı sensörler aracılığıyla pasif dinleme yaparak akciğer loblarındaki havalanma dağılımını ve dinamik solunum değişimlerini izler; mekanik ventilasyon takibinde de kullanım alanı sunar. Klasik tek noktalı oskültasyonun ötesine geçen bu teknoloji, özellikle yatak başı ve hastane dışı izlemde avantaj sağlamakla birlikte tanısal güvenilirliğinin klinik çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.
ISARC Avademy...
Hall 2 Mustafa...
hall-2 büşra çalı...

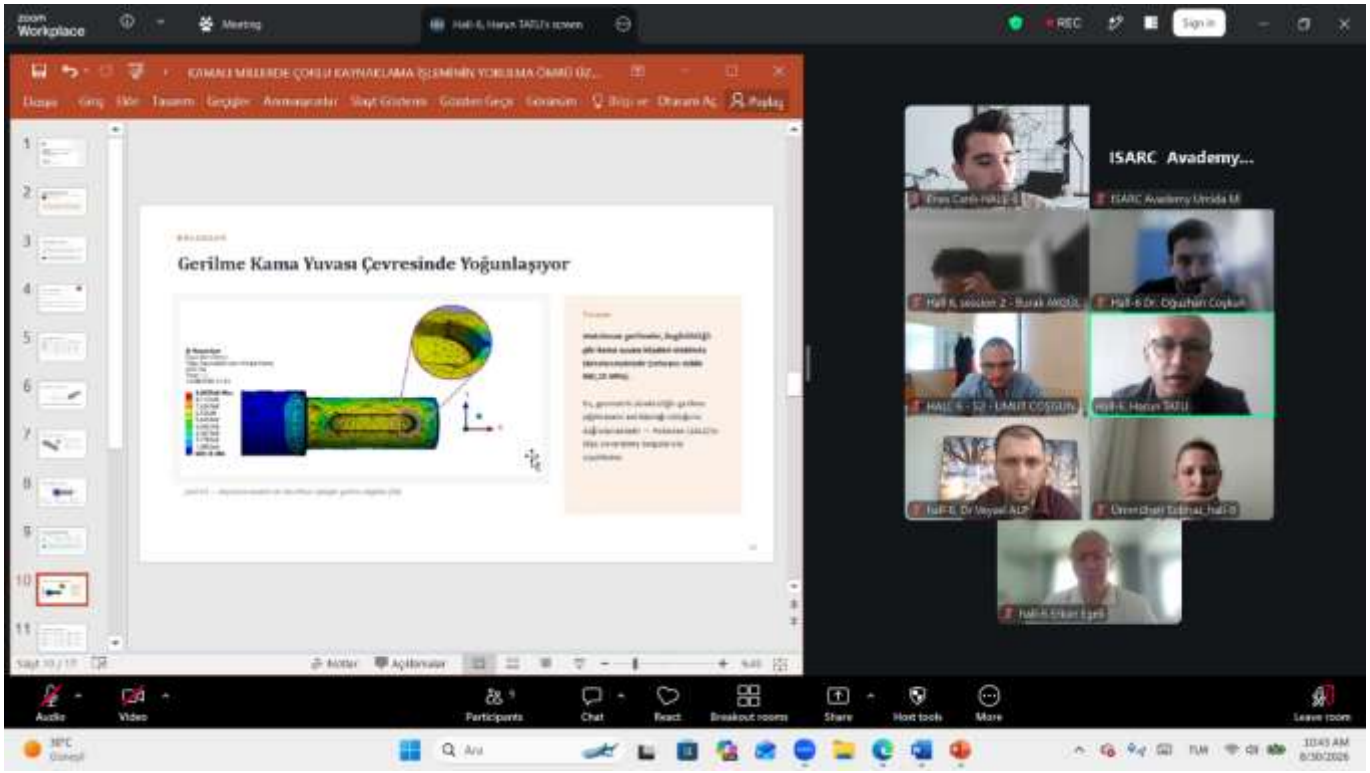

Değerler Eğitiminde Öğretmen ve Öğretmen Adaylarının Yeterlilikleri
Bir öğretim programı ne kadar mükemmel tasarlanırsa tasarlansın veya ideal edebi metinler ne kadar zengin olursa olsun, değerler eğitimi uygulamasının kalitesi ve başarısı doğrudan sınıf içi süreci yöneten öğretmenin niteliğine bağlıdır (Tezcan, 2011). Öğretmen, değerler eğitiminde sadece bilgi aktaran bir öğretici değil, süreci kolaylaştıran bir rehber ve en önemlisi, tutumlarıyla yaşayan bir rol modelidir. Çocuklar ve gençler, yetişkinlerin söylediklerinden ziyade, onların sergiledikleri canlı davranış modellerini gözlem yoluyla benimserler (Hökelekli, 2011).
Bu durum, öğretmen yetiştiren kurumların sorumluluğunu büyük ölçüde artırmaktadır. Geleceğin Türkçe ve edebiyat öğretmenlerinin henüz lisans aşamasındayken değerler eğitiminin teorik temellerine, pedagojik yaklaşımlarına ve sınıf içi uygulama yöntemlerine dair yüksek düzeyde bir farkındalık ve yeterlilik algısı geliştirmeleri gerekmektedir (Bulut ve Varol, 2022). Alan yazında yapılan çalışmalar, öğretmen adaylarının değerler eğitimini son derece önemli bulduklarını ancak sınıf içerisinde yaratıcı drama, eğitsel oyunlar veya metin incelemesi gibi öğrenci merkezli yöntemleri etkili bir şekilde sınıf ortamına nasıl yansıtacakları konusunda kendilerini yeterince hazır ve donanımlı hissetmediklerini göstermektedir (Kara, 2017; Uzun ve Akış, 2021). Bu bağlamda, öğretmen adaylarının bu hayati alana yönelik görüşlerinin, beklentilerinin ve yeterlilik algılarının bilimsel yöntemlerle tespit edilmesi büyük bir önemle sahiptir.
ISARC Avademy...

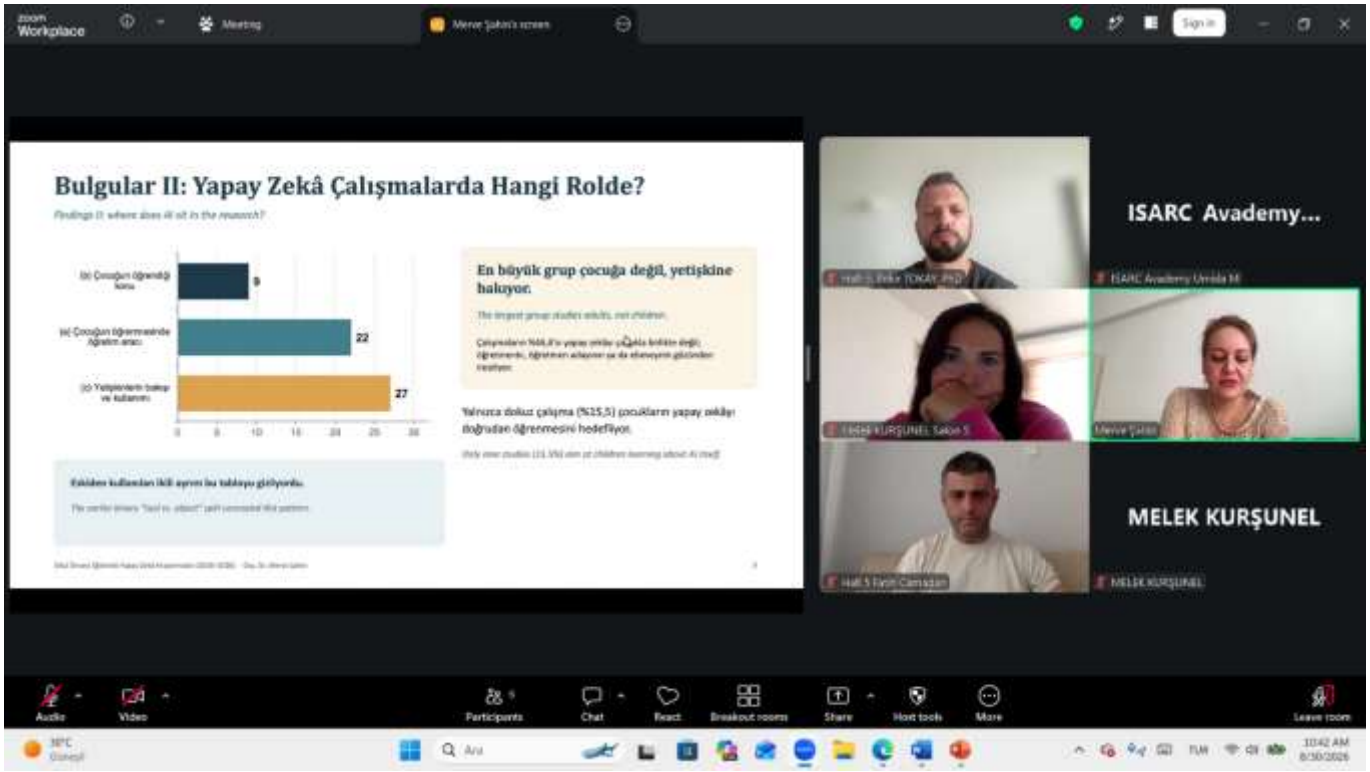

Mohamed JERRARI's screen
ISARC Avademy...
Elton Skendaj Al...
S-3 H-8, Moses...
Mohamed JERR...
ياسين الحرار
MERADI samir
Audio
Video
Participants
Chat
React
Breakout rooms
Share
Host tools
More
Leave room

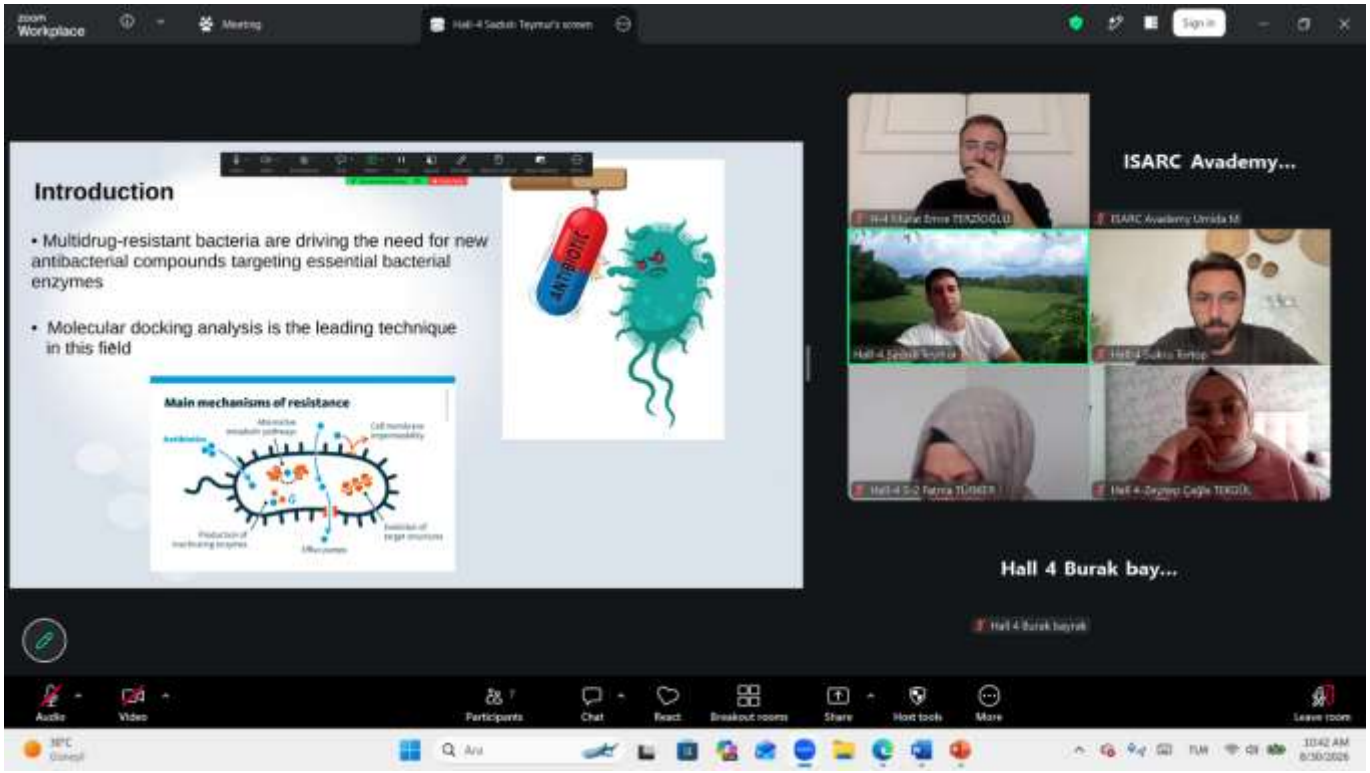

You are muted now
Unmute
INTERNATIONAL HARMAN
SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION
CONGRESS-XII
AUGUST 29-30, 2026 / Istanbul, Türkiye
Monte Carlo investigation of the magnetocaloric effect and magnetic properties of a mixed-spin (S=1/2, σ=3) Ising-graphene bilayer with RKKY interactions
Presented by : Mohamed JERRARI
ISARC Avademy...
S-3 H-8, Moses...
Mohamed JERR...
ياسين الحرار
MERADI samir
Audio
Video
Participants
Chat
React
Breakout rooms
Share
Host tools
More
Leave room

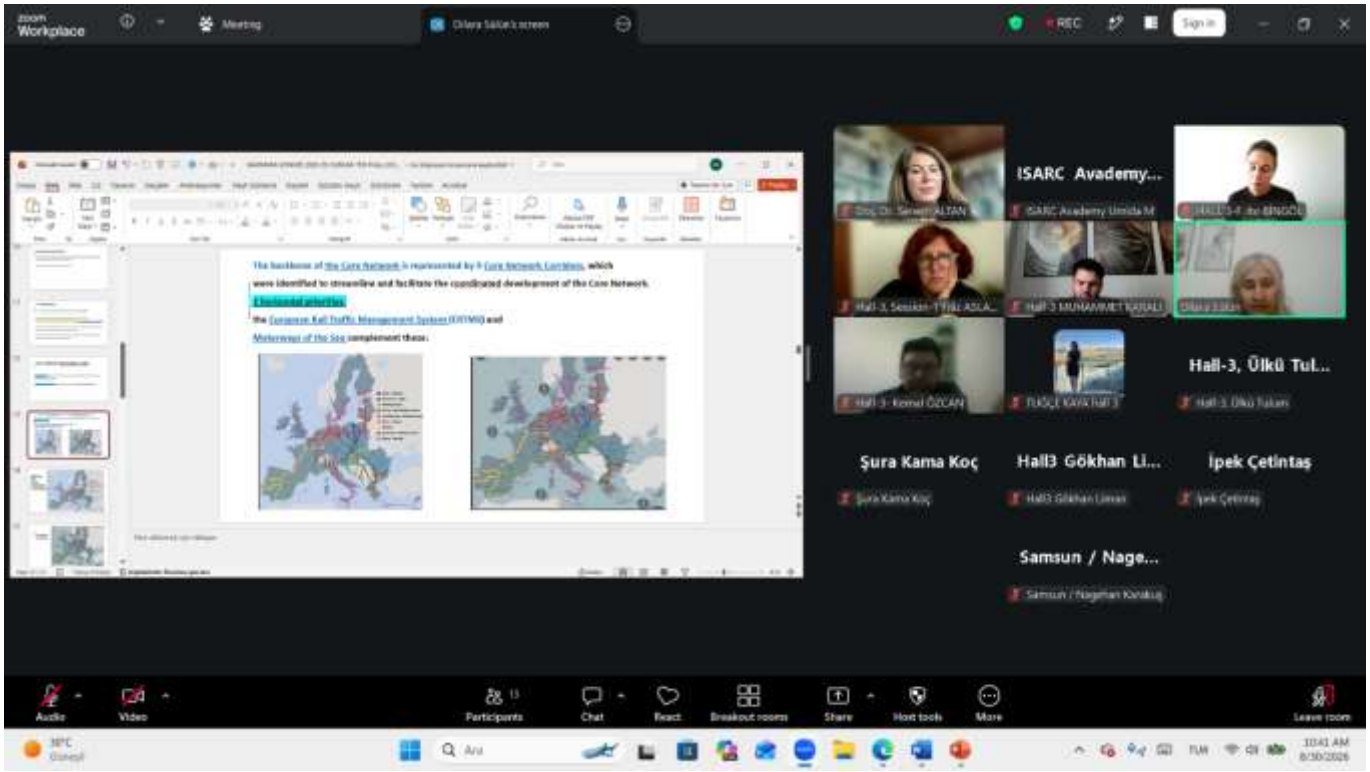

ENGINEERING INTELLIGENT MATERIALS: ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ADAPTIVE, RESPONSIVE, AND SELF-EVOLVING MATERIAL SYSTEMS
INTRODUCTION
DISCUSSION
ISARC Avademy...
Elton Skendaj Al...
Mohamed JERR...
ياسين الحرار
MERADI samir

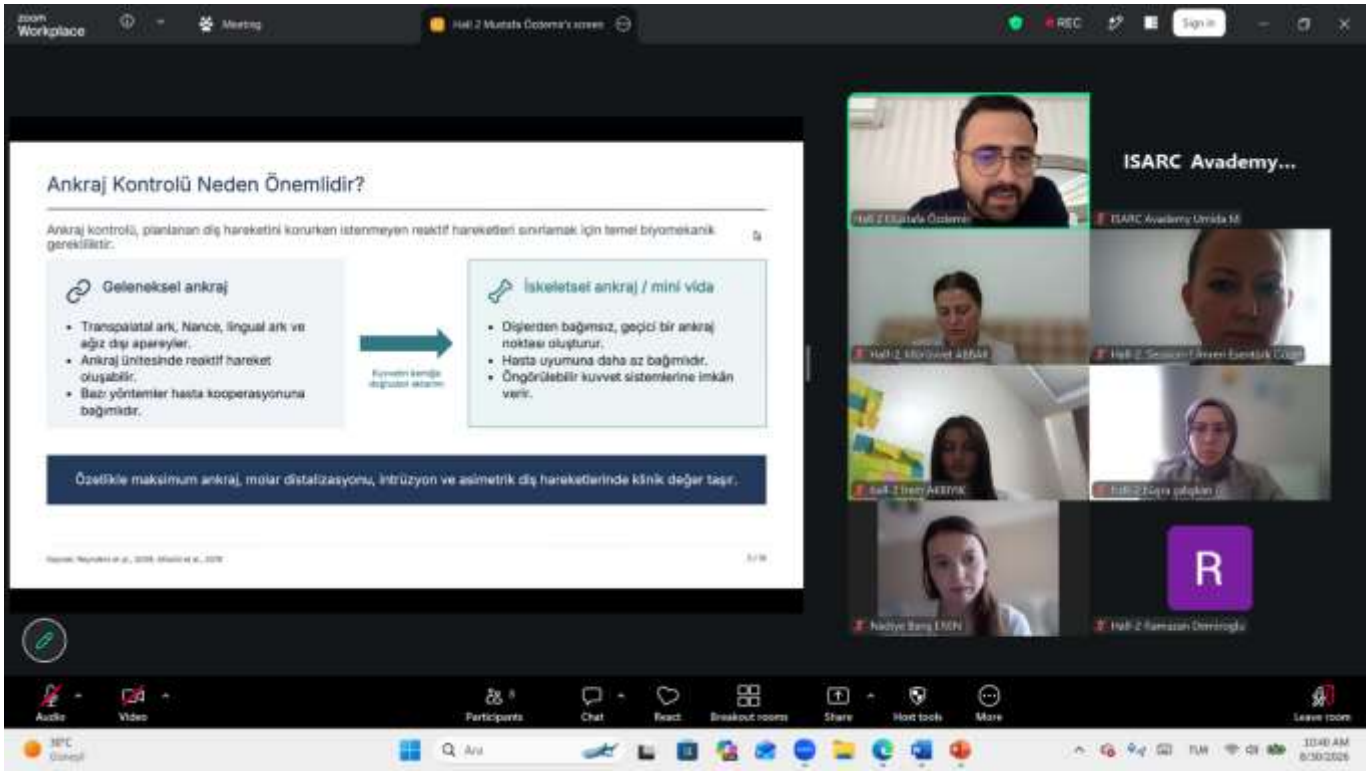

ISARC Avademy...

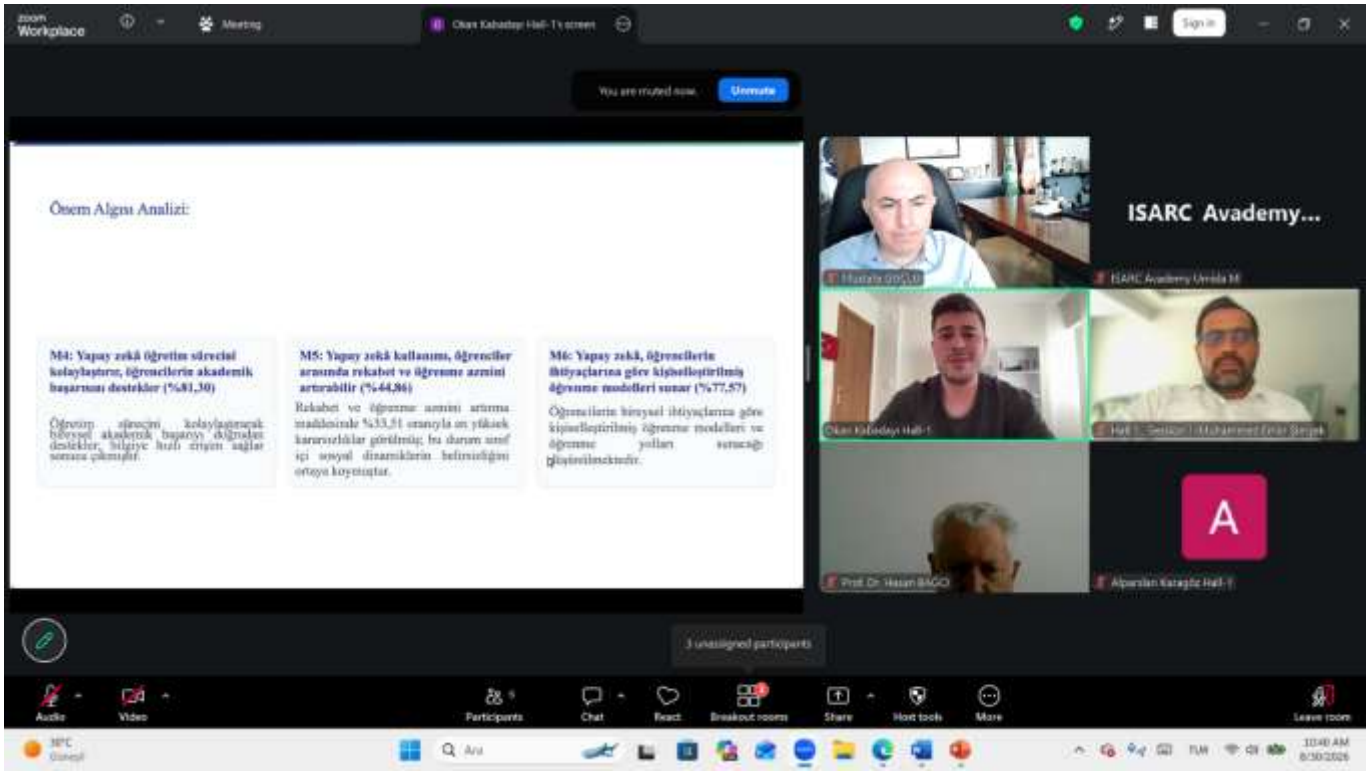

Gerilme Kama Yuvası Çevresinde Yoğunlaşıyor
ISARC Avademy...

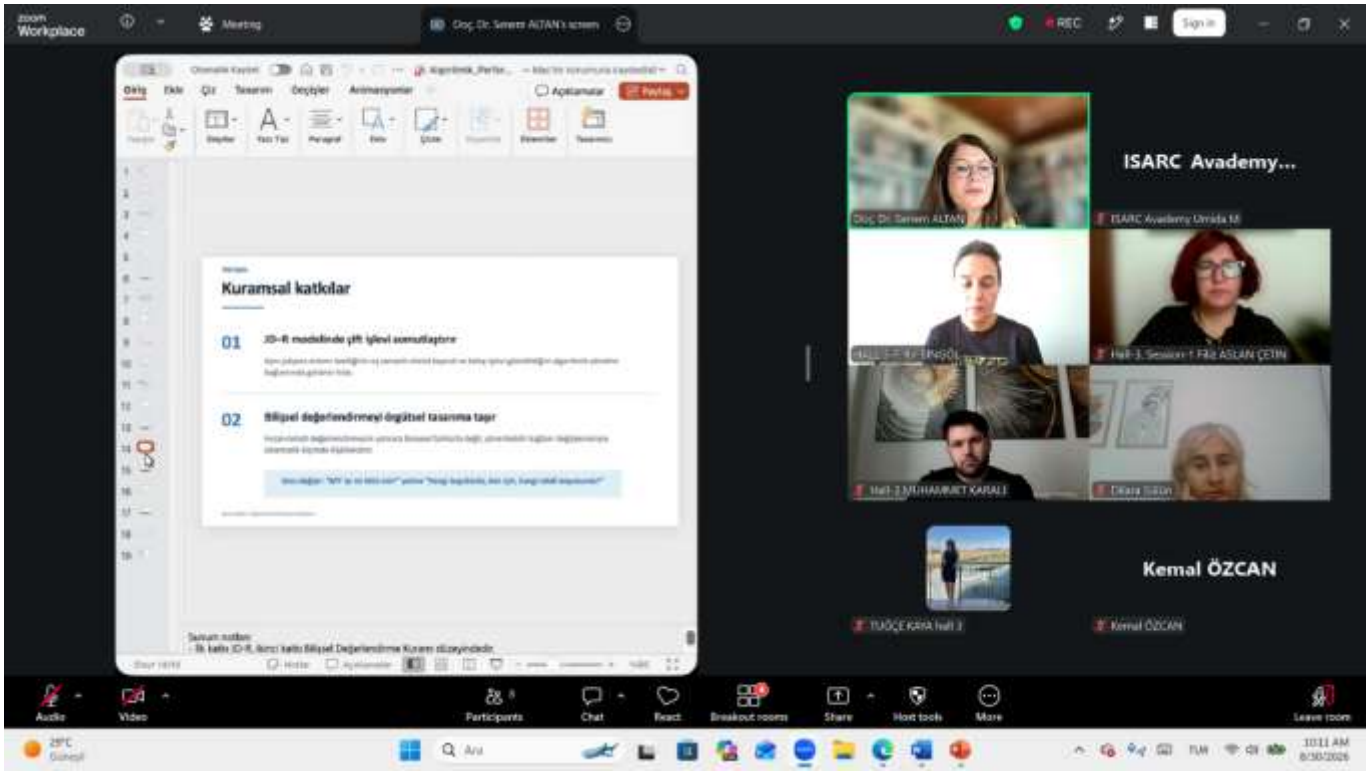

Bulgular II: Yapay Zekâ Çalışmalarda Hangi Rolde?
En büyük grup çocuğa değil, yetişkine hitap ediyor.
ISARC Avademy...
MELEK KURŞUNEL

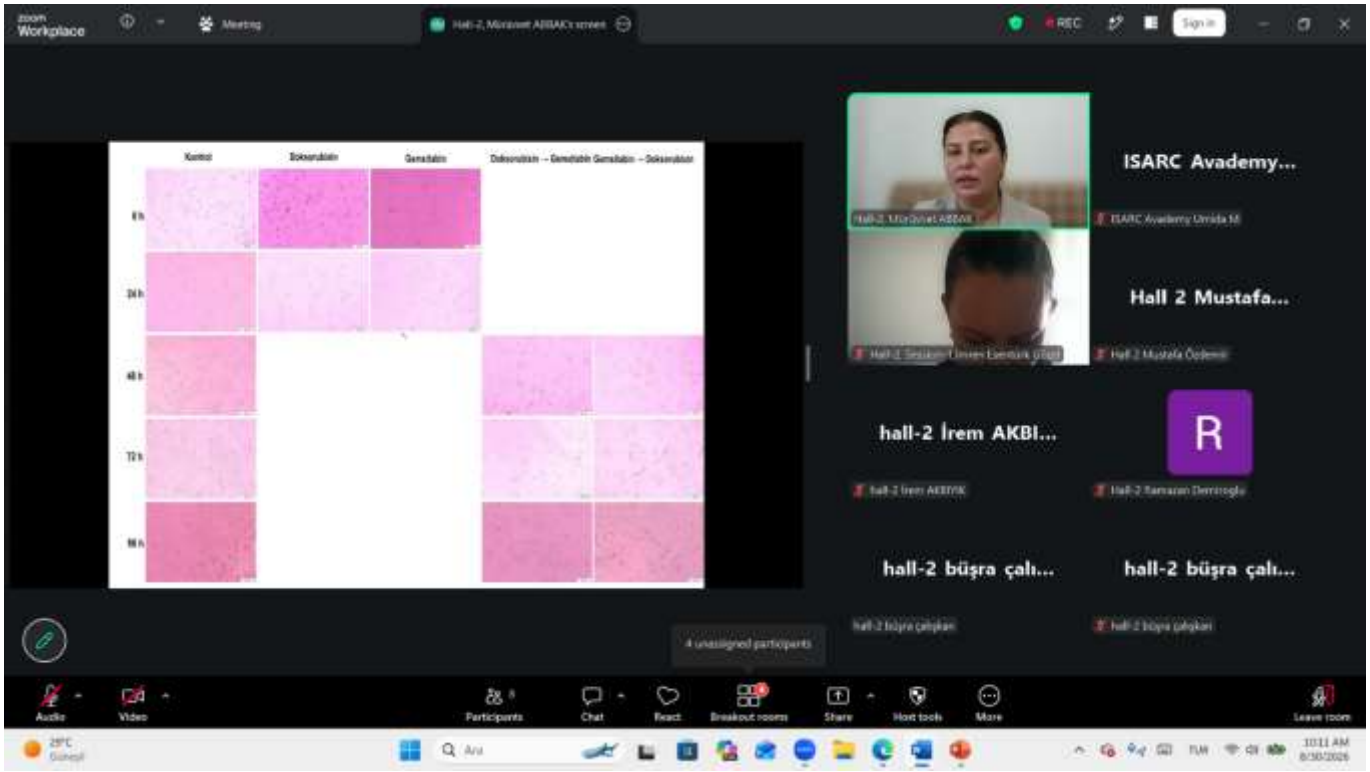

Introduction
• Multidrug-resistant bacteria are driving the need for new antibacterial compounds targeting essential bacterial enzymes
• Molecular docking analysis is the leading technique in this field
Main mechanisms of resistance
ISARC Avademy...
Hall 4 Burak bay...

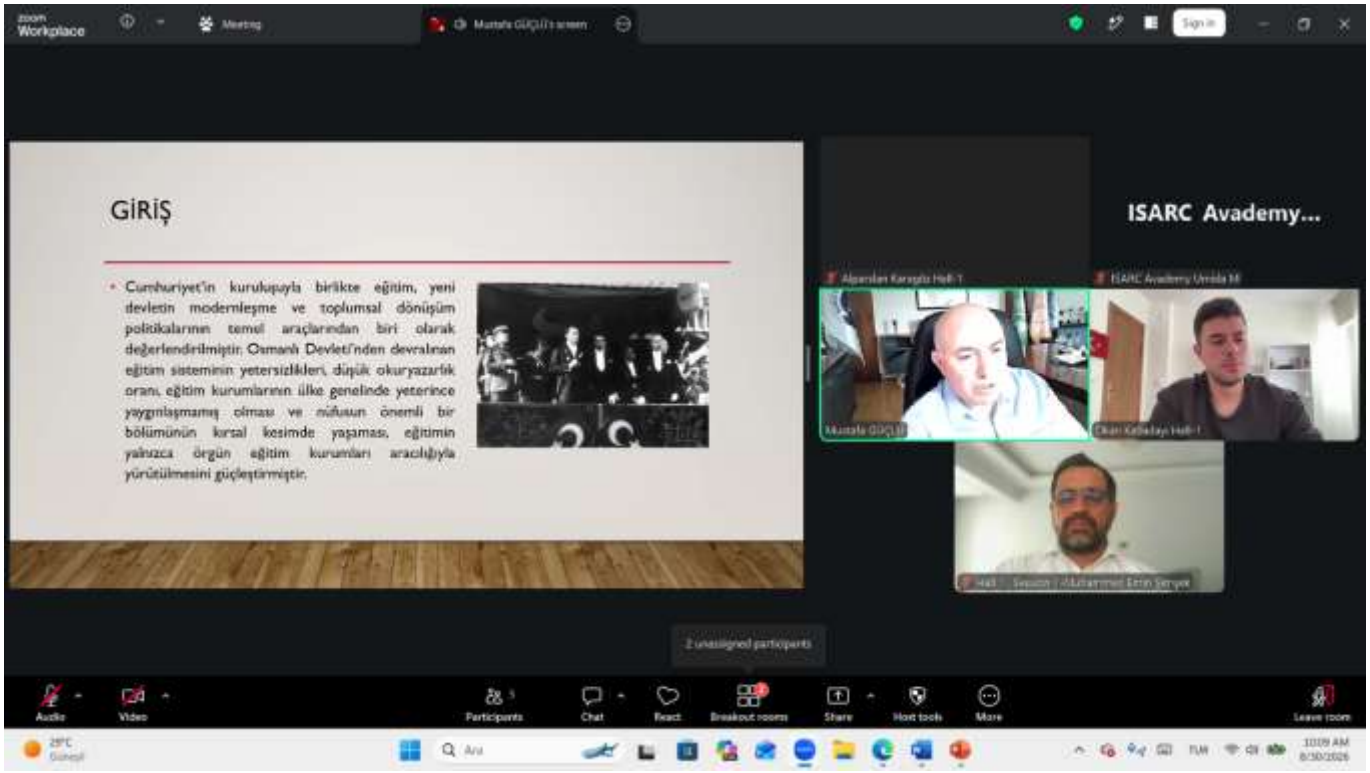

ISARC Avademy...
Hall-3, Ülkü Tul...
Şura Kama Koç
Hall3 Gökhan Li...
İpek Çetintaş
Samsun / Nage...

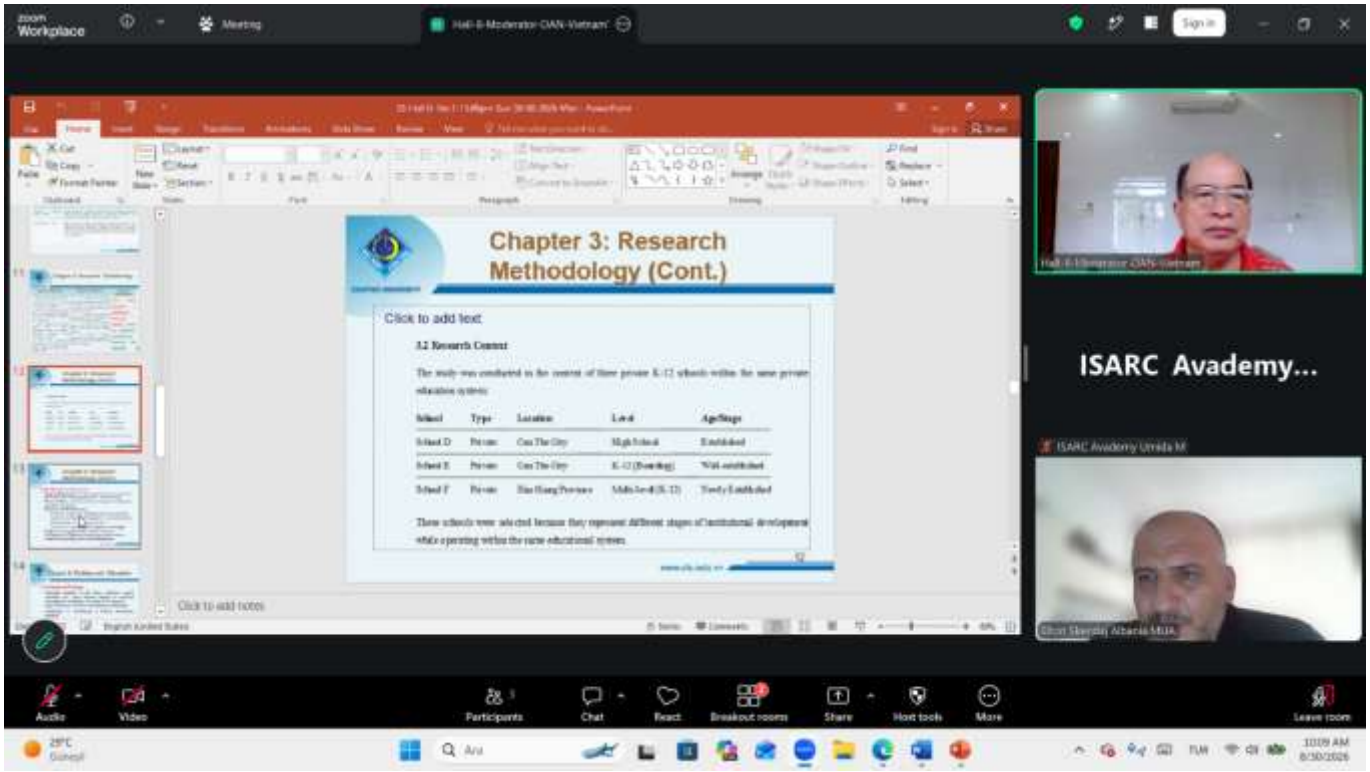

Ankraj Kontrolü Neden Önemlidir?
Ankraj kontrolü, planlanan diş hareketini korurken istenmeyen reaktif hareketleri sınırlamak için temel biyomekanik gerekliliktir.
Geleneksel ankraj
Transpalatal ark, Nance, lingual ark ve ağız dışı apareyler.
Ankraj ünitesinde reaktif hareket oluşabilir.
Bazı yöntemler hasta kooperasyonuna bağımlıdır.
İskeletsel ankraj / mini vida
Dişlerden bağımsız, geçici bir ankraj noktası oluşturur.
Hasta uyumuna daha az bağımlıdır.
Öngörülebilir kuvvet sistemlerine imkân verir.
Özellikle maksimum ankraj, molar distalizasyonu, intrüzyon ve asimetrik diş hareketlerinde kritik değer taşır.
ISARC Avademy...
R


You are muted now
Unmute
Önem Algısı Analizi:
M4: Yapay zekâ öğretim sürecini kolaylaştırır, öğrencilerin akademik başarısını destekler (%81,30)
M5: Yapay zekâ kullanımı, öğrenciler arasında rekabet ve öğrenme azmini artırabilir (%44,86)
M6: Yapay zekâ, öğrencilerin ihtiyaçlarına göre kişiselleştirilmiş öğrenme modelleri sunar (%77,57)
ISARC Avademy...
A


Kuramsal katkılar
01
02
ISARC Avademy...
Kemal ÖZCAN


ISARC Avademy...
Hall 2 Mustafa...
hall-2 İrem AKBI...
hall-2 büşra çalı...
hall-2 büşra çalı...


GİRİŞ
Cumhuriyet'in kuruluşuyla birlikte eğitim, yeni devletin modernleşme ve toplumsal dönüşüm politikalarının temel araçlarından biri olarak değerlendirilmiştir. Osmanlı Devleti'nden devralınan eğitim sisteminin yetersizlikleri, düşük okuryazarlık oranı, eğitim kurumlarının ülke genelinde yeterince yaygınlaşmamış olması ve nüfusun önemli bir bölümünün kırsal kesimde yaşaması, eğitimin yalnızca örgün eğitim kurumları aracılığıyla yürütülmesini güçleştirmiştir.
ISARC Avademy...
Audio
Video
Participants
Chat
React
Breakout rooms
Share
Host tools
More
Leave room


Chapter 3: Research Methodology (Cont.)
Click to add text
3.2 Research Context
ISARC Avademy...
Audio
Video
Participants
Chat
React
Breakout rooms
Share
Host tools
More
Leave room

INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

KONU: Kongre Katılımcı Bilgisi **10.09.2026**

İLGİLİ MAKAMA

13.ULUSLARARASI MARMARA BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR VE İNOVASYON KONGRESİ 29-30 AĞUSTOS 2026 tarihleri arasında İSTANBUL'da online olarak 15 farklı ülkeden (Türkiye:41 ve diğer Ülkeler:46 Toplam:87 akademisyen/araştırmacıların katılımı ile gerçekleşmiştir. Kongre, 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen '' Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurtdışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışından en az 5 ülkeden farklı tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır. '' değişikliğine ve Doçentlik kriterlerine uygun düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz edilir.
Saygılarımla

Sefa Salih BİLDİRİCİ
HEAD OF İSARC

CONTENT

CONGRESS ID	II
SCIENTIFIC & REVIEW COMMITTEE	III-V
PROGRAM	VI-XIX
PHOTO GALLERY	XX-XLII
ACADEMIC INCENTIVE	XXLIII
CONTENT	XLIV-XLVIII

AUTHORS	TITLE	NO
Prof. Dr. Mustafa GÜÇLÜ	Halkevleri's Place And İmportance İn Turkish Educational History	1-14
Prof. Dr. Mustafa GÜÇLÜ	The Place And Importance Of Darülmuallımât In The Hıstory Of Turkısh Educatıon	15-25
Assist. Prof. Dr. Muhammed Emin ŞİMŞEK	An Apparently Impossıble Transformatıon: Relıgıous Guıdance And The Recognıtıon Of The Mongols As Addressees In Theır Islamızatıon	26-38
Prof. Dr. Hasan BAĞCI Okan KABADAYI	Evaluatıon Of Turkısh Language Teacher Candıdates'vıews On The Use Of Artıfıcıal Intellıgence In Educatıon	39-66
Prof. Dr. Hasan BAĞCI Alparslan KARAGÖZ	The Opınıons Of Turkısh Language Teacher Candıdates And Turkısh Language And Lıterature Teacher Candıdates On Character And Values Educatıon	67-92
Assist. Prof. Dr. Büşra ÇALIŞKAN	Primer Açık Açılı Glokom Hastalarında Metabolik Bir Belirteç Olarak Tyg İndeksi	93-94
Assist. Prof. Dr. Mürüvvet Abbak Assist. Prof. Dr. Hakan Tekeli	Sequence-Dependent Effects Of Sequentıal Gemcıtabıne And Doxorubıcın Treatment In Pc-3 Prostate Cancer Cells	95
Assist. Prof. Dr. İmren ESENTÜRK-GÜZEL Ecz. Fatma Zehra Betül KOLCU	Development And In Vıtro/Ex Vıvo Characterızatıon Of Vagınal Emulgel Formulatıons Contaınıng Achıllea Mıllefolıum Extract	96-97
Uzm. Dt. Mustafa ÖZDEMİR	Factors Affectıng Clınıcal Success Of Orthodontıc Mınıscrews And Management Of Complıcatıons	98-105
Hem. Ramazan DEMİROĞLU Assist. Prof. Dr. Nadiye BARIŞ EREN	Innovatıve Wearable Health Technologıes For Patıent Monıtorıng And Safety	106-114
Hem. İrem AKBIYIK Assist. Prof. Dr. Nadiye BARIŞ EREN	Innovatıve Health Technologıes Supportıng Patıent Safety And Self-Management	115-124
Assoc. Prof. Dr. Senem ALTAN	The Paradoxıcal Effects Of Algorıthmıc Performance Management On Employee Well-Beıng: The Determınıng Role Of Organızatıonal Context	125-137
Assoc. Prof. Dr. Senem ALTAN	The Effects Of Aı Awareness On Motıvatıon, Performance, And Creatıvıty: A Conceptual Analysıs Wıthın The Framework Of Cognıtıve Appraısal Theory	138-150
Assoc. Prof. Dr. Dilara SÜLÜN	European Unıon Renewed Regulatıons In Transportatıon, Energy And Communıcatıon	151-160
Tuğçe KAYA	Internet Use, Agrıcultural Exports and Imports in Türkiye: ann Ardl Analysıs	161-177
Prof. Dr. Filiz ASLAN ÇETİN	Dıgıtal Transformatıon And Frıctıonless Customer Experıence	178-202
Prof. Dr. Filiz ASLAN ÇETİN	Artıfıcıal Intellıgence And Marketıng Innovatıon: A Theoretıcal Revıew	203-226

Assist.Prof. Dr. F. Itır BİNGÖL	New Quests For Alternatıve Dıspute Resolutıon In E-Commerce	227-229
Res. Assist. Dr. Muhammet KARALI	Determınants Of Capıtal Structure In Manufacturıng Fırms Lısted On Borsa Istanbul: An Empırıcal Examınatıon From The Perspectıve Of The Peckıng Order And Trade-Off Theorıes	230-231
Assoc. Prof. Dr. Kemal ÖZCAN Psk.Dan. İpek Ersin Psk.Dan. Şura Kama Koç Aile Dan. Gökhan Liman Psikolog Eren Yıldız	Technology Use And The Perceptıon Of Ideal Marrıage: The Transformatıon Of Relatıonshıp Expectatıons In The Dıgıtal Age	232-234
Assoc. Prof. Dr. Kemal ÖZCAN Psk.Dan.Nagehan Karakuş Psk.Dan.Ülkü Tulum	The Role Of Communıcatıon Skılls In Close Relatıonshıps	235-236
Aytəkin Pənahova	İşığin Kvant Kimyasi: Molekulyar Quruluş Enerji, Rəng Və Fotokimyəvi Reaktivliyi Necə İdarə Edir?	237-241
PhD Gulnar Atakishiyeva PhD Sevinç Muhtarova Ayten Qajar PhD Nigar Ahmedova Irada Shikhaliyeva Associate professor Shukufa Eyvazova Associate professor Naila Veysova	Evaluation of the Compliance of Investigated Isophthalic Acid Derivatives with Lipinski's Rule Using the SwissADME Platform	242-243
PhD Gulnar Atakishiyeva PhD Sevinç Muhtarova Shafiga İbrahimova Ayten Qajar Teymur Sadıxlı Associate professor Sima Musayeva Associate professor Ilhama Hamdullayeva	Molecular Dockıng Investıgatıon Of (1,2-Dıhydronaphtho[2,1-B]Furan-2-Yl)(P-Tolyl)Methanone Agaınst The 4kfg Protein Target	244-246
Uzm. Biyolog Fatma TÜRKER	Sustainable Water Management Within The Zero Waste Scope	247-248
Assist. Prof. Dr. Şükrü TORTOP	Stabılıty Of Approxımate Mınımızers Under Deferred Epıgraphıcal Convergence	249-250
Res. Asst. PhD Burak BAYRAK Master's Student Zeynep Çağla TEKGÜL Asst. Prof. Murat Emre TERZİOĞLU	Determınatıon Of Nutrıtıonal Values And Structural Characterıstıcs Of Mascarpone Cheeses Enrıched Wıth Oleaster Seed And Black Grape Seed Powders	251-259
Assoc. Prof. Dr. Melek KURŞUNEL Assist. Prof. Dr. Öznur AKPINAR Assoc. Prof. Dr. Hande BABA KAYA Prof. Dr. Selahattin AKPINAR	An Analysıs Of The Levels Of Avoıdance Of Sports And Physıcal Actıvıty Among Sedentary Indıvıduals	260-266
Assoc. Prof. Dr. Melek KURŞUNEL Assist. Prof. Dr. Öznur AKPINAR Assoc. Prof. Dr. Hande BABA KAYA Prof. Dr. Selahattin AKPINAR	Barrıers To University Students' Free Tıme For Campus Recreatıon: The Case Of Karamanoğlu Mehmetbey Unıversıty	267-274
Assoc. Prof. Dr. Merve ŞAHİN	A Systematic Review Of Artificial Intelligence Research İn Preschool Education (2016–2026)	275-303
Elif Yıldız YAMAN Assoc. Prof. Dr. Fatih CAMADAN	The Medıatıng Role Of Career Competence In Explaınıng Job Search Anxıety Among Unıversıty Students In Relatıon To Hope	304-305
Senanur YAMAN Assoc. Prof. Dr. Fatih CAMADAN	Investıgatıon Of The Medıatıng Roles Of Dıgıtal Addıctıon, Lonelıness, And Emotıonal Eatıng In The Assocıatıon Between Self-Control And Healthy Eatıng	306-307
Lect. Dr. Bekir TOKAY Prof. Dr. Mustafa AKIL	The Predıctıve Role Of Physıcal Actıvıty Level On Chronotype In Adolescents	308-315
Lect. Dr. Bekir TOKAY Prof. Dr. Mustafa AKIL	The Predictive Role of Digital Addiction on Academic Achievement and Its Relationship with Physical Activity Level	316-324
Lect. Harun TATLI Lect. Ülüver BOZKURT Lect. Yakup KUTUPOĞLU	An Analysıs Of The Effect Of The Number Of Weld Beads On The Stress-Torsıon Behavıor Of Shafts Repaıred By Weldıng Usıng The Fınıte Element Method	325-335

Lect. Ülüver BOZKURT Lect. Harun TATLI Lect.. Yakup KUTUPOĞLU	An Analysıs Of The Effect Of Multıple Weldıng On The Fatıgue Lıfe Of Rıbbed Beams Usıng The Fınıte Element Method	336-348
Burak AKGÜL Dr. İsmail ATA	Operating Temperature Effects and Thermal Management Strategies in Photovoltaic Systems: A Short Technical Review	349-354
Yük. Müh. Erkan EGELİ Dr. Oğuzhan COŞKUN Enes CANLI	Experımental Thermal System Identıfıcatıon And Multı-Step Valıdatıon Usıng Echo State Networks	355-381
Umut COŞGUN	Prototype Desıgn And Manufacturıng Of The Robot Bracket And Pın Conveyor For A Fully Automated Robotıc Dıe Castıng Cell	382-385
Umut COŞGUN	Drum Support Robotıc Machınıng And Straıghtenıng Lıne	386-392
Dr. Veysel ALP	Solhan Ovası'nda Tuzluluk Tehdidi: Ekolojik Denge Ve Sürdürülebilir Tarım Üzerine Bir Değerlendirme	393-394
Lect. Dr. Ümmühan SOLMAZ	Investıgatıon Of The Crystal Structure And Supramolecular Organızatıon Of An N,N-Type Amıde Derıvatıve	395-397
Assoc. Prof. Dr. Yagut Guliyeva	Hıstorıcal-Geographıcal Space Of Turks And Oghuzes In Mahmud Kashgarı's ''Dıvanu Lugat It-Turk''	398-404
Asst. Prof. Dr. Dilara Buket DIDIN	Şühûdu'l Hâl In The Ottoman Judıcıary: An Evaluatıon Wıthın The Framework Of Fuller's Theory Of The Internal Moralıty Of Law	405-407
Assist. Prof. Dr. İLTER CEBECİ	Andres Segovıa'nın 20. Yüzyıl Klasik Gitar Repertuarının Oluşumundaki Rolü	408-415
Aliyeva Maralkhanim Tofig gizi	Steam + A Educatıon System: Essence, Pedagogıcal Possıbılıtıes And Implementatıon Prospects In Azerbaıjan	416-420
Aliyeva Maralkhanim Tofig gizi	Interactıve Network Technologıes In Musıc Teachıng In Secondary Schools	421-425
Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti Ar. Hafiz Muhammad Ahmed Nadeem	Aı And Contemporary Busıness Practıces In Archıtecture. A Case Of Archıtectural Desıgn Industry In Pakıstan	426
Moses Adeolu AGOI Akinyemi Edward AIYEGBUSI Yewande Adeyosola ODUNAYO Oluwanifemi Opeyemi AGOI	Engıneerıng Intellıgent Materıals: Artıfıcıal Intellıgence For Adaptıve, Responsıve, And Self-Evolvıng Materıal Systems	427-438
Nguyen Minh Man Nguyen Thi My Duyen Tran Thi Trong Dr. Thai Cong Dan	Managıng Teacher Workforce In Prıvate K-12 Schools: Challenges Of Retentıon, Successıon Plannıng, And Organızatınal Culture	439-457
Nguyen Ngoc Chi Lan Nguyen Gia Thinh Nguyen Ngoc Anh Thu Dr. Thai Cong Dan	Workforce Management In Publıc Hıgher Educatıon Instıtutıons: Challenges Of Autonomy And Internatıonal Accredıtatıon	458-487
Thai Hong Dan Vo Thi Ngoc Han Dr. Thai Cong Dan Hoang Huynh Anh	Strategıc Workforce Management For Work- Ntegratedlearnıng And Specıalızed Teachıng In A Prıvate Unıversıty Context	488-511
Tran Thi Ngoc Han Nguyen Huynh Truc Vy Dr. Thai Cong Dan Thach Chanh Da	Workforce Management Challenges In Newly Establıshed Publıc Schools: Buıldıng Organızatıonal Culture And Managıng Workforce Stabılızatıon	512-528
PhD Roxana Mihaela Moisoiu Prof.Colegiul German"Goethe"	The İnfluence Of Artificial İntelligence On Criminological Research	529-530
Ibrahim Samaila Usman Samaila	The Application Of Nanoparticles As A Therapeutic Agent	531
Brahim Moustahssine Rachid Masrour	Tuning The Optical Response Of Graphone By Mechanical Strain: A DFT Study Toward Photovoltaic And Optoelectronic Applications	532-542
Y. El-Harrar R. Masrour	Study Of The Structural, Electronic, Optical, And Magnetic Properties Of $Gdcrwo_6$ Double Perovskite Using First-Principles Calculations	543

M. Jerrari R. Masrour	Monte Carlo Investigation Of The Magnetocaloric Effect And Magnetic Properties Of A Mixed-Spin (S=3/2, Σ=3) Nano-Graphene Bilayer With RKKY Interactions	544
S. Belhamra R Masrour	Combined DFT+U And Monte Carlo Study Of The Magnetic Properties Of $Gd_2Zr_2O_7$ Pyrochlore	545
A. Abjaou R. Masrour*	Magnetocaloric Effect, Structural, Magnetic And Electronic Properties Of High-Entropy Alloys $Alco_xCr_{1-x}Feni$: First-Principles Calculations And Monte Carlo Simulations	546
I. Khouakhi , R. Masrour , L. Xu, A. Rezzouk	First Principles Study Of The Activation Energy And Diffusion Coefficient Of Sodium- Substituted Lithium Sites İn The İron-Based Olivine Cathode Material	547
M. Kmichou , R. Masrour	Cspbi 2 Br Perovskite: A Suitable Material For High-Efficiency Solar Cells And Adaptive Photocatalytic Water-Splitting	548
Maryem ARRAJI	Medication Adherence Among Patients with Type 2 Diabetes: Findings from a Multicenter Study in Morocco	549
Salma MAKDOUF, Karima El Bouqdaoui, Abdelhakim El Makssoudi, Mounia Cherki	Comparative Study Of The Phytochemical Composition Of Fumaria Parviflora From Casablanca, El Jadida And Khouribga Of Morocco	550
Dr.Okechukwu, C.O. Egbujie, A.E.	Effect Of Fermentatıon Perıods On Nutrıtıonal, Antı-Nutrıtıonal And Functıonal Propertıes Of Castor Oıl Flour (Ricinus Communis)	551-552
Dr. Keltoum KHALLOUQ Dr. Ayoub EL MAAZOUZI Dr. Ayoub EL MAAZOUZI	Coordination-Resolved Machine Learning Of Thermodynamic, Electronic, And Magnetic Properties Of Spinels	553
Sakineh Khanamani Falahatipour , Soudeh Khanamani Falahati-Pour , Motahareh Soltani , Sana Naseri	Mini-Review: Anthelmintic Potential of Citrus Peel Waste in Ruminants	554-566
MARCELA MELE HERMIS MELE	Mobılıty Transıtıons, Dıaspora Return And Cırculatory Lıvıng Between Albanıa, Greece And North Macedonıa	567
Dr. Samir MERADI	From Dıgıtal Engagement To Dıgıtal Fatıgue: The Paradox Of Socıal Medıa Marketıng	568
Academician Prof Dr Ivan PAVLOVIĆ Prof Dr Jovan BOJKOVSKI Prof Dr Vesna KARAPETKOVSKA HRISTOVA MSc Ivanka HADŽIĆ	Role Of Pasture Fertılızatıon To Obtaın Hıgh-Qualıty Grass	569
Usman Samaila Ibrahim Samaila	Green Hybrid Nanoparticles for Biomedical Applications	570
Sakineh Khanamani Falahatipour , Soudeh Khanamani Falahati-Pour , Motahareh Soltani , Zahra Hallajian	When One Size Does Not Fit All: Pharmacokinetic Hurdles in Extrapolating Drug Data from Dogs to Cats	571-572
PhD Roxana Mihaela Moisoiu Prof.Colegiul German"Goethe"	Contemporary Global Crises and the Development of Criminal Phenomena	573-574
Elton Skendaj	The Impact of Erasmus+ KA171 Mobility on Communication Skills of Albanian Students: Evidence from a Retrospective Pre/Post Study	575
Prof. Bledar KRAJA, MD, PhD	Modıfıable Rısk Factors For Pancreatıc Cancer: Current Evıdence And Implıcatıons For Preventıon	576-577
Chaima MENDOUB Assoc. Prof. Dr. Laila LAASRI	Mınımum Energy Performance Standards And Energy Labellıng In Morocco: Evolutıon, Challenges And Future Perspectıves	578-579
Chaima MENDOUB Assoc. Prof. Dr. Laila LAASRI	Romotıng Energy Effıcıency In Moroccan Households: Key Technologıes, Polıcy Measures And Adoptıon Barrıers	580-
El Mahdi Bouabdalli, Mohamed El Jouad , Samira Touhtouh , Fouad Belhora , Nathalie Gaumer , El Kebir Hlil,Abdelowahed Hajjaji	A Synergistic Multiphysics and Judd–Ofelt Framework for Designing High-Efficiency Red Emission in Eu 3+ -Doped Silicophosphate Sol–Gel Glasses	581-582

El Mahdi Bouabdalli, Mohamed El Jouad , Samira Touhtouh, Ilyass El kadmiri, Nathalie Gaumer , Mostapha Siniti , Abdelowahed Hajjaji	Structure–Property Relationships in Europium-Doped Strontium Phosphate Glasses for Advanced Photonic and Photovoltaic Applications	583-584
Dr Rabia Akhtar Cheema, Dr Humaira Muzaffar, Dr Ghulam Hussain	Current and Emerging Treatment Strategies for the Management of Polycystic Ovary Syndrome	585
Prof. Dr. Mohammed Waheeb	Re-examining Toponyms in Southern Jordan in Light of Field Archaeological Findings	586-587
MUHAMMAD FAISAL	Developing 'Buraq' Technical and Policy Challenges in Training a Sovereign Multilingual Large Language Model for Pakistan	588
PhD Roxana Mihaela Moisoiu Prof.Colegiul German"Goethe"	Artificial Intelligence, Poverty and National Security Emerging Vulnerabilities and New Security Challenges	589-590
Seifeslasie Asmamaw	The Effect of Working Capital Management on the Financial Performance of Organizations	591
Nodar Sulashvili , Mariam Jikidze , Teimuraz Enukidze , Maia Jikia , George Maghlakelidze , Ia Egnatievi , Manana Giorgobiani , Vira Kravchenko , Olga Shapoval , Marika Sulashvili, Ekaterine Lomia , Tamar Okropiridze , Igor Seniuk , David Aphkhazava ,Rusudan Kvanchakhadze , Magda Davitashvili	A Comprehensıve Scholarly Analysıs Of Academıc Freedom In The Twenty-Fırst Century: An In-Depth Investıgatıon Of Core Theoretıcal Foundatıons, Hıstorıcal Frameworks, Alongsıde The Paradoxıcal Dynamıcs Of Its Manıfestatıons In Contemporary Contexts Wıth Comparatıve Internatıonal Polıcy And Regulatory Perspectıves	592-649
Nodar Sulashvili, Neda Azad , George Maghlakelidze , David Aphkhazava , Marina Giorgobiani , Nana Gorgaslidze , Magda Davitashvili , Igor Seniuk , Tamar Okropiridze , Vira Kravchenko , Marika Sulashvili , Olga Shapoval, Mariam Jikidze, Teimuraz Enukidze , Lela Grigolia , Kakhaber Robakidze	Scıentıfıc Dıscourse On Mısophonıa: Neurobıologıcal Mechanısms, Clınıcal Manıfestatıons, Dıagnostıc Challenges, Pharmacotherapeutıc Strategıes, Psychopharmacologıcal Consıderatıons, Neurocognıtıve Dımensıons, Personalızed Interventıons, Clınıcal Outcomes, And Emergıng Therapeutıc Perspectıves In Precısıon Clınıcal Care	650-696

HALKEVLERININ TÜRK EĞITIM TARIHINDEKI YERI VE ÖNEMI

Prof. Dr. Mustafa GÜÇLÜ
Erciyes University, Faculty of Education, Department of Educational Sciences, 38100, Kayseri
ORCID ID0000-0002-7565-3554

ÖZET

Bu araştırma, Cumhuriyet'in erken döneminde ortaya çıkan Halkevlerinin Türk eğitim tarihindeki yerini ve etkisini daha yakından anlamayı hedeflemektedir. 1932'de kurulan bu kurumlar, çoğu zaman yalnızca kültürel etkinliklerle anılsa da, gerçekte toplumun eğitim düzeyini yükseltmeye yönelik önemli bir boşluğu doldurmuştur. Bu çalışmada Halkevlerinin kuruluş amacı, yürüttükleri faaliyetler ve eğitim anlayışına sağladıkları katkılar tarihsel bağlamı

içinde ele alınmış; dönemin sosyal ve siyasal şartlarıyla ilişkisi de göz önünde bulundurulmuştur. Araştırma sürecinde nitel yöntem tercih edilmiş; arşiv belgeleri, dönemin süreli yayınları ve konuya ilişkin akademik çalışmalar dikkatle incelenmiştir. Elde edilen bulgular, Halkevlerinin özellikle okuma-yazma oranının artırılması, millî bilinç ve kültürel değerlerin yaygınlaştırılması gibi alanlarda ciddi bir işlev üstlendiğini göstermektedir. Bununla birlikte, tiyatrodan halk derslerine, sergilerden konferanslara kadar uzanan geniş faaliyet yelpazesi sayesinde bireylerin çok yönlü gelişimine katkı sağlandığı anlaşılmaktadır. Düzenlenen kurslar, konferanslar ve kütüphane hizmetleri aracılığıyla geniş kitlelere ulaşılmış; böylece örgün eğitim dışında kalan bireyler için erişilebilir ve sürdürülebilir öğrenme imkânları oluşturulmuştur. Sonuç olarak, Halkevleri Cumhuriyet'in modernleşme sürecinde eğitimi yalnızca okul sınırları içinde bırakmayan bir anlayışın somut örneklerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu kurumlar, bireylerin sadece bilgi edinmesine değil, aynı zamanda sosyal, kültürel ve toplumsal farkındalık kazanmalarına da katkı sağlamıştır. Bu yönüyle Halkevleri, Türk eğitim tarihinde yaygın eğitimin kurumsallaşmasında belirleyici ve kalıcı bir rol üstlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Halkevleri, Türk eğitim tarihi, yaygın eğitim, Cumhuriyet dönemi, eğitim politikaları.

HALKEVLERİ'S PLACE AND İMPORTANCE İN TURKİSH EDUCATİONAL HİSTORY

This research aims to gain a closer understanding of the place and impact of the People's Houses (Halkevleri), which emerged in the early years of the Republic, in the history of Turkish education. Founded in 1932, these institutions, although often associated only with cultural activities, actually filled a significant gap in raising the educational level of society. This study

examines the founding purpose of the People's Houses, their activities, and their contributions to the understanding of education within their historical context, taking into account their relationship with the social and political conditions of the period. A qualitative method was preferred in the research process; archival documents, periodicals of the time, and relevant academic studies were carefully examined. The findings show that the People's Houses played a significant role, particularly in increasing literacy rates and spreading national consciousness and cultural values. Furthermore, it is understood that they contributed to the multifaceted development of individuals through a wide range of activities, from theater and public education to exhibitions and conferences. Through organized courses, conferences, and library services, they reached a wide audience, thus creating accessible and sustainable learning opportunities for individuals outside of formal education.In conclusion, the People's Houses stand out as one of the concrete examples of an understanding that did not confine education solely within the boundaries of schools during the modernization process of the Republic. These institutions contributed not only to individuals acquiring knowledge but also to gaining social, cultural, and societal awareness. the People’s Houses played a decisive and lasting role in the institutionalization of widespread education in the history of Turkish education.

Keywords: Community Centers, Turkish Educational History, Adult Education, Republican Era, Education Policies.

1. GİRİŞ

Cumhuriyet’in kurulmasının ardından hayata geçirilen inkılapların kalıcı hâle gelebilmesi, sadece hukuki düzenlemelerle değil, toplumun eğitim yoluyla dönüştürülmesiyle mümkün görülmüştür. Osmanlı Devleti'nin son döneminden devralınan eğitim sistemi, savaşların yol açtığı ekonomik ve sosyal yıkım nedeniyle toplumun ihtiyaçlarını karşılamaktan uzak kalmış, özellikle okuryazarlık oranının düşüklüğü ve kırsal nüfusun eğitime ulaşımındeki yetersizlikler yeni yönetimin çözmesi gereken temel sorunlar arasında yer edinmiştir. Yeni Cumhuriyet yönetimi, modernleşme sürecinin başarıya ulaşabilmesi için eğitimi sadece okul çağındaki bireylerle sınırlı tutmamış, örgün eğitimin yanında okul dışı/yaygın eğitim çalışmalarine de büyük önem vermiştir. Bu doğrultuda halkın kültürel, sosyal ve ekonomik gelişimine katkı sağlayacak yeni kurumların oluşturulması hedeflenmiştir (Arslan, 2022).

Cumhuriyet’in erken döneminde yürütülen Harf İnkılabı, Medeni Kanun'un kabulü, eğitim birliğinin sağlanması ve laikleşme yönündeki düzenlemeler toplumun her kesimine aktarılması gereken köklü değişimlerdi. Ancak nüfusun büyük çoğunluğunun köylerde yaşaması,

okuryazarlık oranının düşük düzeyde bulunması ve eğitim kurumlarının sınırlı sayıda bulunması nedeniyle bu reformların sadece resmi eğitim kurumları vasıtasıyla benimsetilmesi mümkün görünmüyordu. Bu nedenle devlet, örgün eğitimi destekleyecek okul dışı/yaygın eğitim kurumlarının oluşturulmasını zorunlu görmüş ve bu amaç doğrultusunda 19 Şubat 1932 tarihinde Halkevlerini faaliyete geçirmiştir (Akyürek, 2024).

Halkevleri, Cumhuriyet Halk Partisinin kültür ve eğitim politikalarının uygulandığı kurumlar olmakla birlikte sadece siyasi bir organizasyon olarak değerlendirilmemelidir. Kuruluş amaçları incelendiğinde, halkın eğitim düzeyini geliştirmek, yurttaşlık bilincini geliştirmek, ulusal kültürü yaygınlaştırmak ve Cumhuriyet'in temel ilkelerini halka benimsetmek gibi çok yönlü hedefler taşıdığı anlaşılmaktadır. Kısa süre içerisinde Türkiye'nin birçok il ve ilçesinde açılan Halkevleri; dil, tarih, edebiyat, güzel sanatlar, temsil, spor, sosyal yardım, halk dershaneleri ve kurslar, kütüphane-yayıncılık ile köycülük olmak üzere dokuz farklı çalışma kolu vasıtasıyla çalışmalarını sürdürmüştür. Bu uygulamalarla birlikte sadece kültürel etkinliklerin düzenlendiği merkezler değil, bununla birlikte halk eğitiminin başlıca uygulama alanlarından biri niteliği kazanmıştır (Oğuzhan, 2022).

Türk eğitim tarihi açısından değerlendirildiğinde Halkevleri, okul dışı/yaygın eğitimin kurumsal bir yapıya kavuşmasını sağlayan başlıca girişimlerden biri olarak kabul edilmektedir. Okuma yazma kursları, meslek edindirme çalışmalari, halk dershaneleri, konferanslar, kütüphaneler ve yayın çalışmaları yoluyla örgün eğitim dışında kalan yetişkin bireylerin eğitimine belirgin katkılar sağlamıştır. Özellikle de kırsal alanlarda yürütülen eğitim çalışmalari, köylülerin sağlık, tarım ve temel vatandaşlık bilgileri konusunda bilinçlenmesine yardımcı olmuş; kadınların sosyal yaşama katılımını destekleyen kurslar ve kültürel etkinlikler ise toplumsal dönüşüm sürecine kayda değer katkılar sunmuştur (Arı, 2023).

Halkevlerinin eğitim çalışmalari sadece bilginin aktarımına dayanmamış, bununla birlikte bireylerin kültürel birikimini destekleyen bütüncül bir anlayış benimsemiştir. Kütüphanelerin kurulması, yerel dergilerin yayımlanması, tiyatro gösterileri, konferanslar, müzik ve resim çalışmaları ile müzecilik çalışmalari toplumun kültürel sermayesini artırmayı amaçlamıştır. Bu yönüyle Halkevleri, bireyin sadece okuryazar olmasını değil; düşünen, araştıran, kültürel değerlere sahip çıkan ve toplumsal sorumluluk bilinci gelişmiş bir vatandaş olarak yetişmesini hedeflemiştir (Somuncu, 2022; Baltacı, 2022).

Bunun yanında Halkevleri, kadınların eğitimine ve sosyal yaşama katılımına yönelik yürüttüğü çalışmalarla da öne çıkmaktadır. Açılan okuryazarlık kursları, el sanatları eğitimleri, konferanslar ve sosyal etkinlikler yoluyla kadınların hem eğitim düzeylerinin yükseltilmesi

hem de sosyal yaşam içerisinde daha etkin roller üstlenmeleri özendirilmiştir. Aynı şekilde sosyal yardım çalışmalari kapsamında ihtiyaç sahibi vatandaşlara sağlık, eğitim ve barınma alanlarında destek sağlanması, Halkevlerinin sadece bir eğitim kurumu değil bununla birlikte toplumsal dayanışmayı güçlendiren sosyal kurumlar olduğunu ortaya koymaktadır (Kılıç, 2023; Tümer, 2023; Yılmaz, 2022).

Türk eğitim tarihinin gelişim süreci incelendiğinde Halkevlerinin, yaşam boyu öğrenme anlayışının erken dönem örneklerinden biri olduğu söylenebilir. Günümüzde Halk Eğitim Merkezleri, belediyelerin yaşam boyu öğrenme kursları ve yetişkin eğitimi uygulamalarında görülen birçok faaliyetin temelleri Halkevleri döneminde atılmıştır. Bu nedenle Halkevleri sadece Cumhuriyet'in ilk yıllarının eğitim politikalarının bir parçası olarak değil, Türkiye'de okul dışı/yaygın eğitim anlayışının kurumsal gelişiminde belirleyici bir dönüm noktası olarak değerlendirilmelidir (Arslan, 2022; Akyürek, 2024).

Bu çalışmada Halkevlerinin Türk eğitim tarihindeki yeri ve önemi; kuruluş amaçları, eğitim çalışmalari, toplumsal etkileri ve Cumhuriyet eğitim politikalarına sağladığı katkılar çerçevesinde değerlendirilecektir. Ayrıca Halkevlerinin okul dışı/yaygın eğitim alanında üstlendiği rol ile bugünkü halk eğitimi anlayışına bıraktığı miras tarihsel bir perspektifle incelenecektir.

2. CUMHURIYET DÖNEMINDE EĞITIM POLITIKALARI VE HALKEVLERININ KURULUŞU

Cumhuriyet'in kurulmasının ardından eğitim, devletin yeniden yapılanma sürecinin temel unsurlarından biri olarak kabul edilmiştir. Milli Mücadele'nin ardından ortaya çıkan yeni devlet, sadece siyasi bağımsızlığını korumayı değil, bununla birlikte çağdaş, bilimsel ve milli değerlere dayanan bir toplum oluşturmayı hedeflemiştir. Bu hedef doğrultusunda hayata geçirilen inkılapların toplumsal düzeyde benimsenmesi ve yeni devlet anlayışının geniş toplum kesimlerine aktarılması için eğitimin dönüştürücü gücünden yararlanılmıştır. Yeni Cumhuriyet yönetimi, eğitimi sadece okul çağındaki çocukların öğrenim gördüğü bir alan olarak değil, toplumun bütününü kapsayan sürekli bir gelişim süreci olarak görmüştür (Oğuzhan, 2022).

Cumhuriyet'in erken döneminde ülkenin eğitim alanında karşı karşıya bulunduğu sorunlar oldukça büyüktü. Osmanlı Devleti'nden devralınan eğitim sistemi farklı kurumların denetiminde yürütülmekteydi ve ortak bir eğitim politikası bulunmamaktaydı. Medreseler, yabancı okullar ve azınlık okulları farklı programlar uygularken nüfusun büyük bölümü herhangi bir eğitim hizmetinden yararlanamamaktaydı. 1924 yılında kabul edilen Tevhid-i Tedrisat Kanunu ile eğitim sistemi tek çatı altında toplanmış, eğitimde birlik sağlanarak

modern ve laik eğitim anlayışının temelleri atılmıştır. Bununla birlikte yapılan hukuki düzenlemelerin toplum tarafından benimsenebilmesi için sadece okul temelli örgün eğitim kurumlarının yeterli olmayacağı kısa sürede anlaşılmıştır (Akyürek, 2024).

1928 yılında yürütülen Harf İnkılabı, Cumhuriyet eğitim politikalarının başlıca dönüm noktalarından biri olmuştur. Latin alfabesinin kabul edilmesiyle birlikte milyonlarca vatandaşın yeni harfleri öğrenmesi zorunlu hâle gelmiştir. Söz konusu süreçte Millet Mektepleri önemli bir işlev görmüş olsa da ülkenin geniş coğrafyası, ulaşım imkânlarının sınırlılığı ve yetişmiş öğretmen sayısının azlığı nedeniyle halk eğitiminde daha kapsamlı ve sürekli faaliyet gösterecek kurumlara gereksinim ortaya çıkmıştır. Yeni Cumhuriyet yönetimi, halk eğitimini belirli dönemlerle sınırlı olmayan sürekli bir faaliyet olarak değerlendirmiş ve bu yaklaşım çerçevesinde yeni örgütlenmelere yönelmiştir (Arslan, 2022).

Söz konusu süreçte Cumhuriyet Halk Partisi bünyesinde yürütülen kültür politikalarının önemli bir ayağını Halkevleri oluşturmuştur. Halkevlerinin kurulmasına giden süreçte daha önce faaliyet gösteren Türk Ocaklarının önemli bir birikim ortaya koyduğu anlaşılmaktadır. Ancak Yeni Cumhuriyet yönetimi, inkılapların halka aktarılması konusunda daha sistemli, daha yaygın ve doğrudan devlet politikalarıyla uyumlu çalışacak yeni bir kuruma ihtiyaç duymuştur. Bu nedenle Türk Ocakları 1931 yılında çalışmalarını sonlandırmış ve onların yerine 19 Şubat 1932 tarihinde ilk etapta on dört il merkezinde Halkevleri açılmıştır. Daha sonraki yıllarda Halkevleri hızla yaygınlaşarak ilçe ve bucaklarda açılan Halkodalarıyla birlikte ülkenin hemen her bölgesine ulaşmıştır (Oğuzhan, 2022).

Halkevlerinin kuruluş amacı sadece kültürel etkinlikler düzenlemek değildi. Kurumun ana hedefi, Cumhuriyet ilkelerini halka benimsetmek, ulusal birlik ve dayanışmayı güçlendirmek, yurttaşlık bilincini geliştirmek ve halkın eğitim düzeyini geliştirmekti. Bu yönüyle Halkevleri, okul dışı/yaygın eğitim anlayışının Cumhuriyet dönemindeki en kapsamlı uygulamalarından biri olmuştur. Halkevlerinde gerçekleştirilen konferanslar, kurslar, sergiler, tiyatro gösterileri, konserler ve yayın çalışmalari yoluyla eğitim sadece okul duvarları içerisinde yürütülen bir faaliyet olmaktan çıkarılmış, günlük yaşamın doğal bir parçası hâline getirilmeye çalışılmıştır (Somuncu, 2022).

Halkevlerinin çalışma sistemi oldukça planlı bir yapıya sahipti. Kuruluşundan itibaren çalışmalar dokuz ayrı şube altında yürütülmüştür. Bunlar; Dil, Edebiyat ve Tarih Şubesi, Güzel Sanatlar Şubesi, Temsil Şubesi, Spor Şubesi, Sosyal Yardım Şubesi, Halk Dershaneleri ve Kurslar Şubesi, Kütüphane ve Yayın Şubesi, Köycülük Şubesi ile Müze ve Sergi Şubesidir. Her şube kendi faaliyet alanına uygun çalışmalar yürütmüş ve bulunduğu bölgenin sosyal

gereksinimlerine göre farklı uygulamalar geliştirmiştir. Bu uygulamalarla birlikte Halkevleri, sadece kültür merkezi değil bununla birlikte çok yönlü bir eğitim kurumu niteliği kazanmıştır (Baltacı, 2022).

Özellikle de Halk Dershaneleri ve Kurslar Şubesi, Cumhuriyet'in okul dışı/yaygın eğitim politikalarının başlıca uygulama alanlarından biri olmuştur. Açılan okuryazarlık kursları yoluyla binlerce yetişkin yeni Türk alfabesini öğrenmiş, meslek kursları vasıtasıyla bireylerin üretim süreçlerine daha etkin katılımı özendirilmiştir. Dikiş, nakış, muhasebe, yabancı dil, daktilografi ve çeşitli mesleki eğitim kursları sadece bireysel gelişime katkı sağlamamış, bununla birlikte ekonomik kalkınmaya da destek olmuştur. Bunun yanında tarım ve hayvancılık alanlarında verilen uygulamalı eğitimler yoluyla özellikle kırsal alanlarda modern üretim yöntemlerinin geniş kitlelere aktarılması hedeflenmiştir (Arslan, 2022).

Halkevlerinin eğitim anlayışı sadece bilgi öğretmeye değil, kültürel bilinç oluşturmaya da dayanmaktaydı. Bu amaç doğrultusunda ülkenin birçok yerinde kütüphaneler kurulmuş, kitap sayıları artırılmış ve vatandaşların düzenli okuma alışkanlığı kazanması özendirilmiştir. Halkevi dergileri ise hem Cumhuriyet inkılaplarının halka anlatılmasında hem de yerel tarih, edebiyat, folklor ve kültür unsurlarının kayıt altına alınmasında önemli bir işlev görmüştür. Bu uygulamalarla birlikte Halkevleri, Türkiye'de kültürel yayıncılığın gelişmesine ve okuma kültürünün daha geniş kesimlere ulaşmasına kayda değer katkılar sunmuştur (Somuncu, 2022).

Cumhuriyet eğitim politikalarının ana hedeflerinden biri kadınların eğitim düzeyinin artırılmasıydi. Halkevleri bu konuda da önemli sorumluluklar üstlenmiş, kadınlara yönelik okuryazarlık kursları, el sanatları eğitimleri, konferanslar ve sosyal etkinlikler düzenlemiştir. Bu çalışmaların sonucunda kadınların hem aile yaşamındaki eğitim düzeyleri yükselmiş hem de sosyal yaşama daha etkin katılımları özendirilmiştir. Halkevleri bünyesinde kadınların yönetim ve kültürel çalışmalarde görev almaları, Cumhuriyet'in toplumsal cinsiyet eşitliğine yönelik politikalarının uygulamadaki önemli örneklerinden biri olmuştur (Tümer, 2023; Kılıç, 2023).

Genel olarak değerlendirildiğinde, Halkevlerinin kuruluşu, Cumhuriyet'in eğitim politikalarının doğal bir uzantısı olarak değerlendirilmelidir. Eğitimin sadece okul çağındaki bireylerle sınırlı tutulmaması, toplumun farklı kesimlerini kapsayan yaşam boyu öğrenme anlayışının benimsenmesi ve kültürel kalkınmanın eğitim yoluyla desteklenmesi Halkevlerinin temel varlık nedenini oluşturmuştur. Bu yönüyle Halkevleri, Cumhuriyet'in modernleşme sürecinde eğitim ile toplumsal dönüşüm arasında köprü kuran başlıca kurumlardan biri olarak Türk eğitim tarihinde kalıcı bir yer edinmiştir (Arslan, 2022; Oğuzhan, 2022).

4. HALKEVLERİNİN KURULUŞU VE TÜRK EĞİTİM TARİHİNDEKİ YERİ

Cumhuriyet'in ilanını izleyen dönemde hayata geçirilen inkılapların toplumsal düzeyde benimsenmesi ve yeni devlet anlayışının halkın günlük yaşamına yansıması, sadece yasal düzenlemelerle mümkün görülmemiştir. Yeni yönetim, modernleşme sürecinin başarıya ulaşabilmesi için toplumun eğitim düzeyinin artırılmasini zorunlu kabul etmiştir. Ancak 1920'li yılların sonlarında Türkiye'de okuryazarlık oranının düşük düzeyde bulunması, eğitim kurumlarının sayıca yeterli düzeye ulaşamaması ve nüfusun önemli bir kısmının köylerde yaşaması, örgün eğitim yoluyla kısa sürede istenilen sonuca ulaşılmasını güçleştirmiştir. Bu nedenle okul dışında halk eğitimini sürdürecek yeni kurumların oluşturulması gündeme gelmiştir (Akyürek, 2024; Arslan, 2022).

Söz konusu süreçte ilk olarak Türk Ocaklarının yürüttüğü kültürel çalışmalarden yararlanılmıştır. Ancak Yeni Cumhuriyet yönetimi, inkılapların daha geniş kitlelere ulaştırılabilmesi amacıyla daha kapsamlı ve devlet politikalarıyla uyumlu bir örgütlenmeye ihtiyaç duymuştur. Bu ihtiyaç doğrultusunda 19 Şubat 1932 tarihinde Halkevleri resmen faaliyete başlamıştır. İlk aşamada 14 il merkezinde açılan Halkevleri, kısa zamanda ülkenin çok sayıda il ve ilçeye yayılmış, 1951 yılına gelindiğinde sayıları yüzlerle ifade edilen yaygın bir teşkilat yapısına ulaşmıştır (Oğuzhan, 2022; Somuncu, 2022).

Halkevlerinin kuruluş amacı sadece kültürel etkinlikler düzenlemek değildir. Asıl hedef, Cumhuriyet'in temel ilkelerini halka benimsetmek, vatandaşların bilgi birikimini yükseltmek ve toplumun farklı kesimlerini eğitim çalışmalarine katmaktır. Bu yönüyle Halkevleri, klasik okul anlayışının dışında faaliyet gösteren bir okul dışı/yaygın eğitim kurumu niteliği taşımaktadır. Özellikle de yetişkin eğitimi konusunda yürüttüğü çalışmalar, Türk eğitim tarihinde belirleyici bir dönüm noktası olarak ele alınmaktadır. Çünkü bu kurumlarda yaş sınırı bulunmaksızın kadın, erkek, genç ve yaşlı bireyler eğitim çalışmalarinden yararlanabilmiştir (Tümer, 2023; Kılıç, 2023).

Halkevleri, çalışmalarını belirli şubeler vasıtasıyla yürütmüştür. Bu şubeler; Dil ve Edebiyat, Güzel Sanatlar, Temsil, Spor, Sosyal Yardım, Halk Dershaneleri ve Kurslar, Kütüphane ve Yayın, Köycülük ile Müze ve Sergi şubelerinden oluşmaktadır. Her şube toplumun farklı gereksinimlerine cevap verecek şekilde planlanmıştır. Bu uygulamalarla birlikte eğitim sadece okuma yazma öğretmekten ibaret görülmemiş; kültür, sanat, spor, tarih, sağlık ve sosyal dayanışma gibi alanları da kapsayan çok yönlü bir öğrenme süreci meydana getirilmiştir (Baltacı, 2022; Somuncu, 2022).

Türk eğitim tarihi açısından Halkevlerini önemli kılan temel özelliklerden biri, eğitimin yaşam boyu devam eden bir süreç olduğu anlayışını benimsemesidir. Günümüzde "yaşam boyu öğrenme" olarak ifade edilen yaklaşımın ilk uygulamalarından biri Halkevlerinde anlaşılmaktadır. Açılan kurslar yoluyla vatandaşlar okuryazarlık kazanmiş, yabancı dil, muhasebe, daktilografi, biçki-dikiş, el sanatları ve çeşitli meslek kurslarına katılmıştır. Bu uygulamalarla birlikte bireylerin hem kültürel hem de mesleki gelişimleri özendirilmiştir (Arslan, 2022).

Halkevlerinin eğitim anlayışında uygulamalı öğrenmeye de büyük önem verilmiştir. Konferanslar, tiyatro gösterileri, konserler, sergiler ve halk toplantıları yoluyla bireyler sadece dinleyici değil bununla birlikte etkinliklerin etkin katılımcısı niteliği kazanmıştır. Eğitimin sadece sınıf ortamında gerçekleşmediği düşüncesiyle gerçekleştirilen bu çalışmalar, halkın sosyal yaşama katılımını artırmış ve öğrenilen bilgilerin günlük yaşamda uygulanmasına olanak tanımıştır. Bu yönüyle Halkevleri, teorik bilgi ile sosyal yaşam arasında köprü kuran kurumlar olarak öne çıkmaktadır (Baltacı, 2022).

Cumhuriyet'in erken döneminde halkın önemli bir bölümünün köylerde yaşaması nedeniyle Halkevleri, kent merkezleriyle sınırlı tutulmamış; Köycülük Şubeleri vasıtasıyla kırsal alanlara da ulaşmıştır. Köylerde gerçekleştirilen eğitim çalışmalarinde okuryazarlık öğretiminin yanı sıra modern tarım yöntemleri, temel sağlık bilgisi, çocuk bakımı, hijyen kuralları ve yurttaşlık görevleri gibi konular ele alınmıştır. Bu uygulamalarla birlikte eğitim sadece bireysel gelişime değil, kırsal kalkınmaya da katkı sağlayan bir araç olarak ele alınmıştır (Aydın, 2025; Arı, 2023).

Halkevlerinin eğitim anlayışında kadınların eğitimi de ayrı bir önem taşımaktadır. Yeni Cumhuriyet yönetimi, toplumsal kalkınmanın kadınların eğitim düzeyinin artırılmasıyle mümkün olacağını düşünmüştür. Bu nedenle Halkevlerinde kadınlara yönelik okuryazarlık kursları, meslek edindirme çalışmalari, konferanslar ve kültürel etkinlikler gerçekleştirilmiştir. Kadınların tiyatro, müzik, spor ve yayın çalışmalarine katılması teşvik edilmiş, böylece onların sosyal yaşam içerisindeki görünürlüğü artırılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmalar Cumhuriyet'in kadın politikalarının toplumda karşılık bulmasına kayda değer katkılar sunmuştur (Kılıç, 2023; Tümer, 2023).

Öte yandan Halkevleri bünyesinde oluşturulan kütüphaneler ve yayın çalışmalari, eğitim çalışmalarının sürekliliğini sağlayan başlıca unsurlar arasında bulunmaktadır. Halkevi kütüphaneleri birçok şehirde halkın ücretsiz yararlanabildiği ilk düzenli okuma mekânları olmuştur. Çeşitli kitaplar, dergiler ve gazeteler vasıtasıyla vatandaşların bilgiye ulaşımı daha

erişilebilir kılınmış, okuma kültürünün daha geniş kesimlere ulaşmasına önemli katkılar sunulmuştur. Ayrıca Halkevleri tarafından yayıma hazırlanan dergiler sadece Cumhuriyet inkılaplarını tanıtmakla kalmamış; yerel tarih, edebiyat, folklor ve kültür alanında önemli eserlerin üretilmesini da sağlamıştır (Somuncu, 2022).

Genel olarak değerlendirildiğinde, Halkevleri, Türk eğitim tarihinde okul dışında yürütülen eğitimin kurumsal bir yapıya kavuşmasını sağlayan başlıca yapılardan biri olmuştur. Eğitim çalışmalarını sadece belirli yaş gruplarına değil toplumun tamamına ulaştırması, sanat ve kültürla desteklemesi, kırsal kesime kadar yaygınlaştırması ve yurttaşlık bilincini geliştirmesi bakımından Cumhuriyet döneminin en etkili okul dışı/yaygın eğitim kurumlarından biri olarak ele alınmaktadır. Bu özellikleri yoluyla Halkevleri, modern Türk eğitim sisteminin gelişiminde uzun vadeli etkiler meydana getirmiş ve bugün halk eğitimi anlayışının şekillenmesine kayda değer katkılar sunmuştur.

5. HALKEVLERİNİN EĞİTİM FAALİYETLERİ VE TÜRK EĞİTİM TARİHİNE KATKILARI

Halkevleri, kuruluşundan itibaren eğitim çalışmalarını sadece belirli bir alana yöneltmemiş; bireyin kültürel, sosyal, ekonomik ve mesleki gelişimini birlikte ele alan çok yönlü bir anlayış benimsemiştir. Bu nedenle yürütülen çalışmalar sadece okuryazarlık öğretimiyle sınırlı kalmamış, vatandaşların yaşam kalitesini yükseltecek bilgiyle birlikte becerilerin kazandırılmasını da hedeflemiştir. Yeni Cumhuriyet yönetiminin toplumsal dönüşüm politikalarının uygulanmasında Halkevleri önemli bir eğitim merkezi olarak görev yapmıştır. Özellikle de halkın yeni harfleri öğrenmesi, Cumhuriyet ilkelerini tanıması ve modern yaşam anlayışına uyum sağlaması konusunda yürüttüğü çalışmalar, Türk eğitim tarihinin önemli uygulamaları arasında bulunmaktadır (Arslan, 2022; Oğuzhan, 2022).

Halk Dershaneleri ve Kurslar Şubesi

Halkevlerinin eğitim alanındaki başlıca birimlerinden biri Halk Dershaneleri ve Kurslar Şubesi olmuştur. Bu şube vasıtasıyla her yaştan bireye yönelik ücret alınmadan sunulan eğitim çalışmalari gerçekleştirilmiştir. Cumhuriyet'in erken döneminde okuma yazma bilmeyen yetişkinlerin sayısının oldukça fazla olması nedeniyle öncelik temel okuryazarlık eğitimine verilmiştir. Açılan kurslarda vatandaşlara yeni Türk alfabesi öğretilmiş, temel matematik bilgileri kazandırılmış ve günlük yaşamda ihtiyaç duyacakları bilgiler verilmiştir. Bu uygulamalarla birlikte örgün eğitim dışında kalan bireylerin eğitim sürecine katılmaları sağlanmıştır (Arslan, 2022).

Bunun yanında meslek edindirmeye yönelik kurslar da dikkate değer bir yer edinmiştir. Daktilografi, muhasebe, yabancı dil, biçki-dikiş, nakış, el sanatları, marangozluk ve çeşitli teknik kurslar düzenlenerek bireylerin üretim süreçlerine katılmaları özendirilmiştir. Özellikle de kadınlara yönelik açılan kurslar yoluyla birçok kadın hem eğitim alma hem de ekonomik hayata katılma fırsatı bulmuştur. Bu durum Halkevlerinin sadece kültürel değil, bununla birlikte sosyal ve ekonomik kalkınmaya da katkı sağlayan kurumlar olduğunu ortaya koymaktadır (Tümer, 2023).

Kütüphane ve Yayın Faaliyetleri

Halkevlerinin eğitim tarihindeki başlıca katkılarından biri de kütüphaneler ve yayın çalışmalaridir. Cumhuriyet'in erken döneminde birçok yerleşim yerinde halkın yararlanabileceği düzenli kütüphaneler bulunmamaktaydı. Halkevleri bu eksikliği büyük ölçüde gidermiş, kurdukları kütüphaneler vasıtasıyla kitap, gazete ve dergileri halkın ücretsiz biçimde kullanımına sunmuştur. Bu uygulamalarla birlikte okuma kültürünün daha geniş kesimlere ulaşmasına önemli katkılar sağlanmıştır (Somuncu, 2022).

Kütüphaneler sadece kitap ödünç verilen yerler olmamış; öğrencilerin ders çalıştıkları, araştırma yaptıkları ve konferanslara katıldıkları eğitim merkezleri niteliği kazanmıştır. Bu yönüyle Halkevleri, yaşam boyu öğrenme anlayışını destekleybaşlıca kurumlar arasında yer edinmiştir.

Yayın çalışmalari de eğitim çalışmalarının ayrılmaz bir parçası olmuştur. Halkevleri tarafından yayıma hazırlanan dergiler ve kitaplar vasıtasıyla tarih, edebiyat, folklor, sağlık, tarım ve kültür alanlarında çok sayıda eser halka eriştirilmiştir. Özellikle de Ülkü dergisi başta olmak üzere birçok yerel Halkevi dergisi, hem Cumhuriyet ideallerinin tanıtılmasına hem de yerel kültürel değerlerin belgelenmesine katkıda bulunmuştur. Anadolu'nun farklı bölgelerinde yayıma hazırlanan bu dergiler yoluyla yöresel tarih, halk edebiyatı, gelenek ve görenekler bilimsel çalışmaların konusu niteliği kazanmıştır (Somuncu, 2022).

Köycülük Çalışmaları ve Yaygın Eğitim

Halkevlerinin eğitim çalışmalari kent merkezleriyle sınırlı tutulmamıştır. Dönemin nüfusunun önemli bir kısmının köylerde yaşaması nedeniyle Köycülük Şubeleri aktif biçimde çalışmıştır. Halkevi görevlileri belirli aralıklarla köyleri ziyaret etmiş, burada toplantılar düzenlemiş ve çeşitli eğitim çalışmalari gerçekleştirmiştir.

Bu eğitimlerde modern tarım yöntemleri, hayvancılık, temel sağlık bilgisi, temizlik alışkanlıkları, çocuk bakımı, çevre düzeni ve yurttaşlık görevleri gibi konular ele alınmıştır. Aynı zamanda köylülerin karşılaştıkları sorunlar dinlenmiş, çözüm önerileri geliştirilmiş ve

devlet ile vatandaş arasında iletişim kurulmasına katkı sağlanmıştır. Bu uygulamalarla birlikte eğitim sadece bilginin aktarma süreci olmaktan çıkmış, toplumsal kalkınmanın temel araçlarından biri niteliği kazanmıştır (Arslan, 2022; Oğuzhan, 2022).

Kültür, Sanat ve Spor Yoluyla Eğitim

Halkevlerinin eğitim anlayışı, sanat ve kültür çalışmalarını eğitimin ayrılmaz bir parçası olarak görmüştür. Temsil Şubeleri tarafından sahnelenen tiyatro oyunları yoluyla halk hem sanatsal etkinliklerle tanışmış hem de toplumsal konular üzerine düşünme fırsatı bulmuştur. O dönemde tiyatroya ulaşma olanağı olmayan birçok şehir ve ilçede Halkevleri bu gereksinimi karşılayan tek kurum olmuştur.

Bunun yanında konserler, halk oyunları gösterileri, resim sergileri ve konferanslar düzenlenmiş; bireylerin estetik bakış açılarının gelişmesine katkı sağlanmıştır. Spor Şubeleri ise gençlerin bedensel gelişimini desteklemek amacıyla futbol, atletizm, güreş ve çeşitli sportif çalışmalar organize etmiştir. Bu çalışmalar Cumhuriyet'in hedeflediği sağlıklı ve üreten birey modelinin oluşmasına katkıda bulunmuştur (Baltacı, 2022).

Kadın Eğitimi ve Toplumsal Katılım

Halkevlerinin en dikkat çekici özelliklerinden biri kadınların eğitimine verdiği önemdir. Yeni Cumhuriyet yönetimi kadınların sosyal yaşamda daha etkin görev üstlenmesini modernleşmenin temel şartlarından biri olarak görmüştür. Bu nedenle Halkevleri bünyesinde kadınlara yönelik okuryazarlık kursları, meslek kursları, konferanslar ve kültürel etkinlikler gerçekleştirilmiştir.

Kadınların tiyatro oyunlarında görev almaları, müzik çalışmalarına katılmaları, konferanslarda konuşmacı olmaları ve çeşitli sosyal yardım çalışmalarında etkin sorumluluk almaları özendirilmiştir. Bu uygulamalarla birlikte kadınlar sadece eğitim alan bireyler değil, bununla birlikte toplumun kültürel gelişimine katkıda bulunan aktif vatandaşlar niteliği kazanmıştır (Tümer, 2023).

Halkevlerinin Türk Eğitim Tarihindeki Kalıcı Etkileri

Halkevlerinin yaklaşık yirmi yıllık faaliyet süresi boyunca yürüttüğü çalışmalar, Türkiye'de okul dışı/yaygın eğitim anlayışının gelişmesine kayda değer katkılar sunmuştur. Günümüzde Halk Eğitim Merkezleri, belediyelerin sürekli eğitim merkezleri ve yaşam boyu öğrenme uygulamalarının temelinde Halkevlerinin ortaya koyduğu eğitim modeli önemli ölçüde etkili olmuştur. Özellikle de yetişkin eğitimi, ücretsiz kurslar, meslek edindirme programları, halk kütüphaneleri ve kültürel etkinlikler bakımından Halkevlerinin ortaya koyduğu uygulamalar bugün de farklı kurumlar tarafından sürdürülmektedir.

Bununla birlikte Halkevleri, bireylerin sadece bilgi sahibi olmasını değil; düşünen, araştıran, üreten ve toplumla bütünleşen vatandaşlar olarak yetişmesini hedeflemiştir. Bu yönüyle kurum, Cumhuriyet döneminin eğitim anlayışını en kapsamlı biçimde uygulayan kuruluşlardan biri olarak Türk eğitim tarihinde özel bir yere sahiptir (Arslan, 2022; Somuncu, 2022; Oğuzhan, 2022).

4. SONUÇ

Cumhuriyet'in kuruluşunu izleyen yıllarda eğitim, yeni toplumsal yapının oluşturulmasında temel araçlardan biri olarak görülmüştür. Bu dönemde faaliyete geçen Halkevleri de eğitim ve kültür politikalarının geniş halk kitlelerine ulaştırılmasında önemli bir görev üstlenmiştir. Halkevlerinin faaliyetleri yalnızca Cumhuriyet'in temel değerlerinin halka anlatılmasıyla sınırlı kalmamış; eğitimden sanata, kültürden sosyal yardımlaşmaya kadar uzanan geniş bir çalışma alanı ortaya çıkmıştır. Bu özellikleriyle Halkevleri, Türkiye'de okul dışında gerçekleştirilen eğitim çalışmalarının belirli bir kurumsal yapı içerisinde yürütülmesine katkı sağlayan önemli oluşumlardan biri olmuştur.

Cumhuriyet'in ilk dönemlerinde toplumun eğitim açısından karşı karşıya bulunduğu koşullar düşünüldüğünde Halkevlerinin üstlendiği işlev daha açık biçimde ortaya çıkmaktadır. Okuryazarlığın istenilen düzeyde olmaması, eğitim imkânlarının ülkenin her bölgesine aynı ölçüde ulaşamaması ve nüfusun önemli bir bölümünün kırsal kesimde yaşaması, eğitimin yalnızca okullarla sınırlandırılmasını güçleştirmiştir. Halkevleri, düzenlediği okuma yazma kursları, halk dershaneleri, mesleki eğitimler, konferanslar ve farklı kültürel çalışmalarla okul dışında kalan yetişkinlere de öğrenme imkânı sunmuştur. Böylelikle eğitim, belirli bir yaş grubuna yönelik bir süreç olmaktan çıkarak toplumun farklı kesimlerine ulaşabilen daha geniş kapsamlı bir nitelik kazanmıştır.

Halkevlerinin Türk eğitim tarihindeki önemini yalnızca okuryazarlık faaliyetleri üzerinden değerlendirmek yeterli değildir. Tiyatro, müzik, sergi, spor, konferans ve benzeri çalışmaların eğitim faaliyetleriyle birlikte yürütülmesi, bireyin farklı yönlerden gelişmesine önem verildiğini göstermektedir. İnsanların kültürel ve sanatsal etkinliklere katılması teşvik edilirken aynı zamanda sosyal yaşam içerisinde daha etkin olmalarına yönelik bir ortam oluşturulmuştur. Bu bakımdan Halkevlerinde benimsenen eğitim anlayışının, günümüzde yaşam boyu öğrenme olarak ifade edilen yaklaşımın Türkiye'deki erken dönem uygulamaları arasında değerlendirilebileceği söylenebilir.

Kütüphane ve yayın faaliyetleri de Halkevlerinin bıraktığı önemli miraslardan birini meydana getirmiştir. Çeşitli yerleşim merkezlerinde oluşturulan kütüphaneler, halkın kitap, dergi ve

gazetelere daha kolay ulaşmasına imkân vermiş ve okuma alışkanlığının yaygınlaşmasına katkıda bulunmuştur. Halkevleri çevresinde gerçekleştirilen yayın çalışmaları ise bir taraftan dönemin eğitim ve kültür anlayışının halka aktarılmasını sağlarken diğer taraftan yerel tarih, edebiyat, folklor ve halk kültürüne ilişkin çeşitli bilgilerin kayıt altına alınmasına yardımcı olmuştur. Bu durum, Halkevlerinin yalnızca eğitim veren kurumlar olmadığını, aynı zamanda kültürel birikimin korunmasına ve aktarılmasına katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Halkevlerinin çalışmalarında kadınların eğitimi ve toplumsal yaşama katılımı da önemli bir yere sahiptir. Kadınların katılabildiği eğitim programları, mesleki kurslar ve kültürel etkinlikler, onların yeni bilgi ve beceriler edinmelerinin yanında sosyal yaşam içerisinde daha görünür olmalarına da imkân sağlamıştır. Kadınların eğitim olanaklarından daha fazla yararlanmasına yönelik bu faaliyetler, Cumhuriyet döneminde toplumsal yaşamda meydana gelen değişimin eğitim alanındaki yansımalarından biri olarak değerlendirilebilir.

Halkevlerini eğitim tarihi açısından önemli hâle getiren bir başka unsur, faaliyetlerini yalnızca şehirlerde sürdürmemiş olmasıdır. Köycülük çalışmaları aracılığıyla kırsal kesimlere ulaşılmaya çalışılmış; köylerde tarım, sağlık, temizlik, çocuk bakımı ve vatandaşlık bilgisi gibi günlük yaşamla doğrudan ilişkili konularda çeşitli eğitim faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar, dönemin eğitim anlayışında öğrenmenin yalnızca teorik bilgi edinme biçiminde değerlendirilmediğini, bireyin yaşadığı çevrenin koşullarını iyileştirmeye yönelik pratik bilgilerle de ilişkilendirildiğini göstermektedir. Dolayısıyla Halkevlerinin kırsal alandaki faaliyetleri eğitim ile toplumsal kalkınma arasında bağ kurulması bakımından da önem taşımaktadır.

Öte yandan Halkevlerinin dönemin siyasal koşullarından ayrı düşünülmesi mümkün değildir. Tek parti döneminde faaliyet göstermeleri ve Cumhuriyet'in eğitim ve kültür politikalarının uygulanmasında görev üstlenmeleri, kurumların siyasal işlevlerinin de tartışılmasına neden olmuştur. Bununla birlikte Halkevlerinin tarihsel önemini yalnızca bu yönü üzerinden açıklamak, yürütülen eğitim ve kültür çalışmalarının kapsamını göz ardı etmek anlamına gelecektir. Özellikle yetişkinlerin eğitimi, okuma kültürünün geliştirilmesi, kadınların eğitim faaliyetlerine katılması, kırsal kesime yönelik çalışmalar ile kültür ve sanat etkinliklerinin yaygınlaştırılması, Halkevlerinin Türk eğitim tarihinde dikkate değer bir yere sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak Halkevleri, Cumhuriyet'in ilk döneminde eğitimin toplumun daha geniş kesimlerine ulaştırılması amacıyla oluşturulan önemli kurumlardan biri olmuştur. Faaliyet gösterdiği yıllar boyunca okuma yazma çalışmalarından meslek kurslarına, kütüphanelerden

yayın faaliyetlerine, kültür ve sanattan spora, kadınların eğitiminden köylere yönelik çalışmalara kadar oldukça geniş bir alanda etkinlik göstermiştir. Bu çeşitlilik, Halkevlerinin eğitimi yalnızca okul ve ders merkezli bir süreç olarak ele almadığını; bireyin kültürel, sosyal ve mesleki gelişimini de kapsayan daha geniş bir anlayış benimsediğini göstermektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde Halkevleri, Türkiye'de yaygın ve yetişkin eğitiminin gelişim sürecinde önemli bir deneyim oluşturmuş, sonraki dönemlerde ortaya çıkan halk eğitimi uygulamalarının tarihsel birikimine katkıda bulunmuştur. Türk eğitim tarihi içerisinde Halkevlerinin yeri ve önemi de büyük ölçüde, eğitimi toplumun farklı kesimleriyle buluşturan bu çok yönlü yapısından kaynaklanmaktadır.

Kaynakça

Akyürek, M. A. (2024). *Halkevleri faaliyetlerinin Cumhuriyet gazetesine yansımaları üzerine basın kritiği* (Yüksek lisans tezi). Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi.

Arı, Ş. (2023). *Erken Cumhuriyet Dönemi'nde köycülük ve Halkevlerinin köycülük faaliyetleri (1932–1951)* (Yüksek lisans tezi). Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi.

Arslan, A. (2022). *İzmir Halkevlerinin halk dershaneleri ve kurslar şubeleri ile kütüphanecilik ve yayın şubelerinin faaliyetleri* (Yüksek lisans tezi). Aydın Adnan Menderes Üniversitesi.

Baltacı, A. (2022). *Atatürk döneminde müze eğitimi: Halkevleri örneği (1932–1938)* (Yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü.

Kılıç, H. (2023). *Türk kadınının sosyo-kültürel ve iktisadi yaşama katılımında Halkevlerinin rolü (1932–1951)* (Yüksek lisans tezi). Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi.

Oğuzhan, İ. F. (2022). *Türkiye'de tek parti dönemi ulus inşa süreci ve Halkevlerinin rolü (1932–1946)* (Yüksek lisans tezi). Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Somuncu, H. (2022). *Halkevlerinde yayın ve kütüphanecilik faaliyetleri (1932–1951)* (Yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Tümer, F. (2023). *Cumhuriyet'in ilk yıllarında Halkevlerinde kadın* (Yüksek lisans tezi). Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yılmaz, İ. (2022). *Türkiye'de sosyal yardımın gelişimi ve Halkevlerinin sosyal yardım faaliyetleri* (Yüksek lisans tezi). Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

DARÜLMUALLİMÂTIN TÜRK EĞİTİM TARİHİNDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

Prof. Dr. Mustafa GÜÇLÜ
Erciyes University, Faculty of Education, Department of Educational Sciences, 38100, Kayseri
ORCID ID: 0000-0002-7565-3554

ÖZET

Osmanlı Devleti'nde XIX. yüzyılın ikinci yarısından itibaren hız kazanan modernleşme çalışmaları, eğitim alanında önemli değişimleri beraberinde getirmiştir. Bu değişimlerden biri de öğretmen yetiştirme sisteminin yeniden düzenlenmesidir. Kız çocuklarının eğitimine verilen önemin artmasıyla birlikte kadın öğretmen ihtiyacı belirgin hâle gelmiş ve bu ihtiyacı karşılamak amacıyla 1870 yılında Darülmuallimât kurulmuştur. Osmanlı Devleti'nin ilk resmî kadın öğretmen okulu olan Darülmuallimât, yalnızca öğretmen yetiştiren bir eğitim kurumu olarak değil, aynı zamanda kadınların eğitim yoluyla toplumsal hayata katılmalarını destekleyen önemli bir modernleşme adımı olarak da öne çıkmıştır. Bu çalışmada Darülmuallimâtın kuruluş süreci, eğitim anlayışı, Türk eğitim tarihindeki yeri ve Cumhuriyet dönemine bıraktığı etkiler bilimsel kaynaklar doğrultusunda ele alınmıştır. Araştırmada doküman inceleme yöntemi kullanılmış; konuya ilişkin kitaplar, makaleler ve lisansüstü tezlerden yararlanılmıştır. İnceleme sonucunda Darülmuallimâtın, Türkiye'de kadın öğretmen yetiştiriciliğinin kurumsallaşmasına öncülük ettiği ve çağdaş eğitim sisteminin gelişiminde önemli katkılar sağladığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Darülmuallimât, Osmanlı eğitimi, öğretmen yetiştirme, kadın eğitimi, Türk eğitim tarihi.

THE PLACE AND IMPORTANCE OF DARÜLMUALLIMÂT IN THE HISTORY OF TURKISH EDUCATION

ABSTRACT

The modernization efforts that gained momentum in the Ottoman Empire from the second half of the nineteenth century onward brought about significant changes in the field of education. One of these changes was the reorganization of the teacher-training system. With the increasing importance attached to the education of girls, the need for female teachers became more evident, and Darülmuallimât was established in 1870 to meet this need. As the first official teacher-training school for women in the Ottoman Empire, Darülmuallimât stood out not only as an educational institution that trained teachers but also as an important step in the modernization process by supporting women’s participation in social life through education. This study examines the establishment process of Darülmuallimât, its educational approach, its place in the history of Turkish education, and its legacy in the Republican era in light of

scholarly sources. The document analysis method was employed in the study, drawing on books, academic articles, and postgraduate theses related to the subject. The findings indicate that Darülmuallimât pioneered the institutionalization of female teacher training in Türkiye and made significant contributions to the development of the modern education system.

Keywords: Darülmuallimât, Ottoman education, teacher training, women's education, history of Turkish education.

1. GİRİŞ

Toplumların sosyal, kültürel ve ekonomik yönden gelişmesinde eğitimin önemli bir payı vardır. Eğitim sisteminin istenilen düzeyde işlemesi ise büyük ölçüde iyi yetişmiş öğretmenlerin varlığına bağlıdır. Bu bakımdan öğretmen yetiştiren kurumlar yalnızca eğitim sisteminin ihtiyaçlarını karşılayan yapılar değildir; aynı zamanda toplumların modernleşme süreçlerinde de etkili bir konuma sahiptir (Ergün, 2010). XIX. yüzyılda Osmanlı Devleti'nde yaşanan siyasi, ekonomik ve toplumsal değişimler eğitim alanında yeni düzenlemeleri gerekli hâle getirmiş, öğretmen yetiştirme sistemi de bu dönüşümden etkilenmiştir (Altın, 2017).

Tanzimat Dönemi, Osmanlı eğitim sisteminde yenileşme çabalarının belirginleştiği dönemlerden biridir. Geleneksel eğitim kurumlarının yanında Batı'daki eğitim anlayışından etkilenen yeni okullar açılmış ve eğitim sisteminin daha düzenli hâle getirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Kız çocuklarının eğitimi de zamanla bu çalışmaların önemli başlıklarından biri olmuştur. Kız rüştiyelerinin açılmasıyla bu okullarda görev yapacak kadın öğretmenlere ihtiyaç duyulmuş, artan ihtiyacın karşılanması için 1870 yılında Dârülmuallimât kurulmuştur. Böylece Osmanlı Devleti'nde kadın öğretmen yetiştirme işi ilk kez kurumsal bir yapıya kavuşmuştur (Altın, 2017).

Osmanlı toplumunda kadınların örgün eğitimden yararlanma imkânları uzun süre oldukça sınırlı kalmıştır. Özellikle ilköğretim sonrasındaki okullara devam eden kız öğrencilerin sayısı düşüktür. Tanzimat reformları sonrasında kız çocuklarının eğitimi devletin daha fazla önem verdiği konulardan biri olmuş ve kız rüştiyeleri açılarak kadınların eğitim düzeyinin yükseltilmesi hedeflenmiştir. Buna karşılık söz konusu okullarda çalışabilecek kadın öğretmen sayısının yetersizliği yeni bir sorun ortaya çıkarmıştır. Dönemin toplumsal koşullarında kız öğrencilerin erkek öğretmenlerden ders alması uygun karşılanmadığından, yalnızca kadın öğretmen yetiştirecek ayrı bir okulun kurulması gerekli görülmüştür (Kodaman, 1999).

Ortaya çıkan bu ihtiyaç üzerine Maarif Nazırı Saffet Paşa'nın girişimleri sonucunda Darülmuallimât, 26 Nisan 1870 tarihinde İstanbul'da açılmıştır. Böylece kadınların öğretmenlik eğitimi alabileceği ilk resmî kurum Osmanlı eğitim sistemi içinde faaliyete

geçmiştir. Okulun açılması, eğitim alanındaki bir ihtiyacın karşılanmasının ötesinde kadınların toplumdaki konumu bakımından da önem taşımıştır. Darülmuallimât sayesinde kadınlar devlet memuru olarak çalışma fırsatı elde etmiş ve ekonomik açıdan daha bağımsız bir konuma ulaşabilmenin yollarından biriyle tanışmıştır (Fortna, 2005).

Darülmuallimâtın hedefi sadece kız okullarına kadın öğretmen yetiştirmek değildi. Kurumda modern eğitim anlayışını benimsemiş, mesleki açıdan yeterli, ahlaki değerlere önem veren ve içinde bulunduğu toplumun kültürel gelişimine katkıda bulunabilecek öğretmenler yetiştirilmek istenmiştir. Bu özellikleri nedeniyle Darülmuallimât, Osmanlı modernleşmesinin eğitim alanındaki dikkat çekici kurumlarından biri olarak kabul edilmektedir (Akyüz, 2024).

Cumhuriyet döneminde eğitim alanında gerçekleştirilen düzenlemeler bütünüyle yeni bir zeminde ortaya çıkmamış, Osmanlı'nın son döneminde kurulan modern eğitim kurumlarının oluşturduğu deneyimden de yararlanılmıştır. Darülmuallimât mezunları Cumhuriyet'in ilk yıllarında özellikle ilkokullarda ve kız okullarında görev almış, yeni eğitim anlayışının uygulanıp yaygınlaşmasına katkıda bulunmuştur. Bu nedenle Darülmuallimâtın etkisi Osmanlı dönemiyle sınırlı kalmamış; Cumhuriyet'in öğretmen yetiştirme sisteminin biçimlenmesinde de etkisini göstermiştir (Başgöz, 2016).

Bu çalışmada Darülmuallimâtın kuruluş süreci, eğitim anlayışı ve Türk eğitim tarihindeki yeri incelenerek kurumun hem öğretmen yetiştirme sistemi hem de kadın eğitimi üzerindeki etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Araştırmada tarihsel yöntem esas alınmış; konuya ilişkin akademik kitaplar, makaleler ve resmî belgeler değerlendirilmiştir. Bu çerçevede Darülmuallimâtın Osmanlı'dan Cumhuriyet'e uzanan eğitim mirası bilimsel bir bakışla ele alınmıştır.

2. DARÜLMUALLİMÂTIN KURULUŞU VE TARİHSEL GELİŞİMİ

XIX. yüzyılın ikinci yarısı Osmanlı eğitim sisteminde önemli dönüşümlerin yaşandığı bir dönemdir. Tanzimat Fermanı sonrasında eğitim kurumlarının yeniden düzenlenmesine yönelik girişimler hızlanmış; yeni okullar açılmış, ders programları dönemin ihtiyaçlarına göre gözden geçirilmiş ve öğretmen yetiştirme konusu devletin eğitim politikalarında daha önemli bir yer edinmiştir. Erkek öğretmen yetiştirmek amacıyla 1848'de açılan Darülmuallimîn bu sürecin ilk önemli adımlarından biridir. Daha sonraki yıllarda kız rüştiyeleri ile diğer kız okullarının yaygınlaşması kadın öğretmen ihtiyacını artırmış ve bunun sonucunda 1870'te İstanbul'da Darülmuallimat kurulmuştur. Kurum, kız okullarına öğretmen yetiştirmenin yanında kadınların mesleki eğitim görerek kamu hizmetinde görev alabilmelerine de imkân sağlamıştır. Bununla birlikte mezun sayısının ihtiyacı bütünüyle karşılayamaması üzerine sonraki yıllarda farklı

vilayetlerde benzer okullar açılarak kadın öğretmen yetiştirme faaliyetlerinin yaygınlaştırılması amaçlanmıştır (Dumanoğlu & Yetişgin, 2017).

1858 yılında ilk kız rüştiyesinin açılması, kadın öğretmen eksikliğini daha görünür hâle getirmiştir. Dönemin toplumsal koşullarında kız öğrencilerin kadın öğretmenler tarafından okutulması daha uygun kabul edildiğinden, Maarif Nezareti bünyesinde yalnızca kadın öğretmen yetiştirecek bir okul açılması düşüncesi gündeme gelmiştir. Maarif Nazırı Saffet Paşa'nın öncülüğünde yürütülen hazırlıkların ardından Darülmuallimât 26 Nisan 1870'te İstanbul'da resmen eğitim vermeye başlamıştır (Kodaman, 1999).

Darülmuallimâtın faaliyete geçmesi Osmanlı eğitim tarihinde önemli bir gelişme olarak değerlendirilebilir. Kurum, kadın öğretmen yetiştiren ilk resmî okul olmasının yanında kadınların ortaöğretim sonrasında eğitimlerini sürdürebilecekleri ilk devlet kurumları arasında yer almıştır. Bu durum kadınların eğitim imkânlarının genişlemesine katkıda bulunmuş ve eğitim hayatındaki konumlarını zamanla güçlendirmiştir.

Okul açıldığı ilk yıllarda az sayıda öğrenciyle eğitim vermiş, ilerleyen dönemlerde ise öğrenci sayısı giderek artmıştır. Öğrenciler çoğunlukla İstanbul'daki kız rüştiyelerini başarıyla tamamlayan genç kızlar arasından seçilmiştir. Başlangıçta iki yıl olarak belirlenen eğitim süresi, programın kapsamının genişlemesiyle daha sonra uzatılmıştır. Ders programında pedagojik içeriklerin yanı sıra Türkçe, tarih, coğrafya, matematik, din bilgisi, yazı, müzik ve el sanatları gibi alanlara da yer verilmiştir. Böylece yalnızca ders bilgisine sahip kişiler değil, öğretme yöntemlerini bilen ve mesleğin gerektirdiği becerileri kazanmış öğretmenler yetiştirilmesi amaçlanmıştır (Akyüz, 2024).

Darülmuallimât zaman içinde eğitim alanındaki ihtiyaçlara göre çeşitli değişiklikler geçirmiştir. II. Abdülhamid döneminde okulun fiziki koşulları geliştirilmiş, daha fazla öğrenci kabul edilebilmesi için kapasitesi artırılmış ve ders programları yenilenmiştir. XX. yüzyılın başındaki reformlarla öğretmenlik uygulamalarının programdaki ağırlığı artarken pedagojik dersler de daha kapsamlı hâle gelmiştir. Bu gelişmeler sonucunda okul, yalnızca kuramsal bilgi veren bir kurum olmaktan uzaklaşarak uygulamayı da önemseyen daha çağdaş bir öğretmen yetiştirme anlayışına yönelmiştir (Fortna, 2005).

Darülmuallimât mezunlarının Osmanlı Devleti'nin çeşitli bölgelerindeki kız okullarında görev yapması, kadın eğitiminin yaygınlaşmasına katkı sağlamıştır. Cumhuriyet'in ilanından sonra Tevhid-i Tedrisat Kanunu doğrultusunda öğretmen okulları yeniden düzenlenmiş ve Darülmuallimât da yeni sistem içinde kız öğretmen okullarına dönüştürülmüştür. Böylelikle okulun uzun yıllar içinde edindiği kurumsal deneyim ve geliştirdiği eğitim anlayışı Cumhuriyet

dönemindeki öğretmen okullarına aktarılmıştır. Bu açıdan Darülmuallimât, Osmanlı'dan Cumhuriyet'e devam eden öğretmen yetiştirme geleneğinin önemli halkalarından biri olmuştur.

3. DARÜLMUALLİMÂTIN EĞİTİM PROGRAMI VE ÖĞRETMEN YETİŞTİRME ANLAYIŞI

Osmanlı Devleti'nin modernleşen eğitim anlayışı içinde kurulan Darülmuallimât, ilk resmî kadın öğretmen okulu olmasının yanı sıra dönemin eğitim reformlarını temsil eden kurumlardan biridir. Okulun programı oluşturulurken Avrupa'daki öğretmen okullarındaki uygulamalar dikkate alınmış, ancak Osmanlı toplumunun kültürel ve dinî özellikleri de göz ardı edilmemiştir. Bu nedenle programda çağdaş pedagojik yaklaşımlarla toplumun değerlerini bir arada tutan bir öğretmen yetiştirme modeli oluşturulmaya çalışılmıştır (Akyüz, 2024).

Darülmuallimâtın ilk dönemlerindeki programında genel kültür dersleri ile öğretmenlik mesleğine yönelik derslerin birlikte yürütüldüğü görülmektedir. Türkçe, Osmanlıca yazı, tarih, coğrafya, matematik, hesap, din bilgisi, ahlak, fen bilgisi ve müzik gibi derslerin yanında el işi, nakış ve ev idaresi gibi uygulamalı dersler de okutulmuştur. Bu içerikle kadınların bir taraftan öğretmenlik için gerekli bilgi ve becerileri kazanmaları, diğer taraftan dönemin toplumsal beklentileri doğrultusunda aile hayatında örnek kabul edilen bireyler olarak yetişmeleri hedeflenmiştir (Kodaman, 1999).

Programda öğretmenlik mesleğine doğrudan hazırlayan derslere özel bir önem verilmiştir. Öğretim yöntemleri, çocuk psikolojisi, sınıf yönetimi ve eğitim uygulamaları gibi derslerle öğretmen adaylarının öğrendikleri bilgileri sınıf ortamına aktarabilmeleri amaçlanmıştır. Bu yaklaşım öğretmenliğin yalnızca bilgiyi öğrenciye aktarmaktan ibaret görülmediğini; pedagojik bilgi, beceri ve belirli mesleki yeterlilikler gerektiren profesyonel bir alan olarak ele alınmaya başlandığını göstermektedir (Ergün, 2020).

Darülmuallimâtın öğretmen yetiştirme modelinin dikkat çeken yönlerinden biri teori ile uygulamanın birlikte ele alınmasıdır. Öğretmen adayları derslerde öğrendiklerini uygulama okullarında deneme fırsatı bulmuş; sınıf gözlemleri ve öğretmenlik uygulamaları aracılığıyla mesleği doğrudan deneyimlemiştir. Bu uygulamalar, günümüzde eğitim fakültelerinde sürdürülen öğretmenlik uygulamalarının erken örnekleri arasında gösterilmektedir (Akyüz, 2024).

Okulda öğrencilerin yalnızca ders başarısı üzerinde durulmamış, kişisel ve mesleki gelişimleri de önemsenmiştir. Ahlaki tutum, sorumluluk duygusu, çalışma disiplini ve meslek etiğine uygun davranışlar eğitim sürecinde dikkate alınan özellikler arasındadır. Dönemin anlayışında

öğretmenin görevi sadece ders anlatmakla sınırlı görülmediği için öğretmenlerin davranışlarıyla öğrencilerine ve çevrelerine örnek olmaları beklenmiştir. Bu nedenle Darülmuallimât öğrencilerinin mesleki açıdan yeterli olmalarının yanında güçlü bir karaktere sahip bireyler olarak yetişmelerine de önem verilmiştir (Fortna, 2005).

II. Meşrutiyet yıllarında eğitim alanındaki değişimler Darülmuallimâtın programına da yansımıştır. Pedagoji, eğitim psikolojisi ve öğretim yöntemlerine ilişkin derslerin içeriği genişletilirken uygulamalı çalışmalara ayrılan yer artırılmıştır. Aynı dönemde yabancı dil öğretimi daha fazla önem kazanmış ve özellikle Fransızca programda belirgin bir yer edinmiştir. Böylece öğretmen adaylarının Batı dünyasındaki eğitim gelişmelerini takip edebilecek birikime ulaşmaları amaçlanmıştır (Şanal, 2009).

Darülmuallimâtın etkisi öğretmenlik eğitimiyle sınırlı değildir. Okulda eğitim gören kadınlar mesleki bilgi edinmenin yanında sosyal ve kültürel açıdan da gelişme imkânı bulmuştur. Öğrencilerin toplumsal meselelere duyarlı, düşünebilen ve bir meslek sahibi bireyler olarak yetişmeleri, kadınların Osmanlı toplumundaki kamusal görünürlüğünün artmasına katkıda bulunmuştur. Nitekim mezunlar arasında öğretmenliğin yanı sıra eğitim yöneticiliği, yazarlık ve çeşitli sosyal faaliyetlerde görev üstlenen kadınlar da bulunmaktadır (Akyüz, 2024).

Kurumun öğretmen yetiştirme anlayışındaki bir başka önemli özellik, öğretmenliğin devlet hizmetinin bir parçası olarak ele alınmasıdır. Mezunlar Maarif Nezareti tarafından ihtiyaç bulunan okullara atanmış ve imparatorluğun farklı şehirlerinde görev yapmıştır. Bu uygulama öğretmenlerin ihtiyaç doğrultusunda daha planlı biçimde dağıtılmasını sağlamış, özellikle kız okullarındaki öğretmen açığının giderilmesine yardımcı olmuştur. Aynı zamanda bu sistem, merkezden yürütülen öğretmen atamalarının erken örneklerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Kodaman, 1999).

Darülmuallimât programının amaçlarından biri de öğretmen eğitiminde ortak bir anlayış ve belirli bir standart oluşturmaktı. Mezunların aynı temel programdan geçmesi, Osmanlı Devleti'nin farklı bölgelerinde benzer öğretim yaklaşımlarının uygulanmasını kolaylaştırmıştır. Böylece eğitim hizmetlerinde belli bir bütünlük ve kalite oluşturulmaya çalışılmış, modern eğitim sisteminin kurumsallaşması desteklenmiştir (Şanal, 2009).

Dönemin koşulları dikkate alındığında Darülmuallimâtın öğretim programının dikkat çekici ölçüde kapsamlı olduğu görülmektedir. Genel kültür ile meslek bilgisini bir arada sunması, uygulamalı eğitime yer vermesi ve öğretmenliği belirli yeterliliklere dayalı bir meslek olarak değerlendirmesi, sonraki öğretmen yetiştirme modelleri açısından önemli bir birikim

oluşturmuştur. Cumhuriyet döneminde geliştirilen öğretmen eğitimi sisteminde görülen bazı temel yaklaşımların geçmişini Darülmuallimât dönemine kadar götürmek mümkündür.

4. DARÜLMUALLİMÂTIN TÜRK EĞİTİM TARİHİNDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

Darülmuallimâtın Türk eğitim tarihindeki öneminin başlıca nedenlerinden biri, kadın öğretmen yetiştirmeyi düzenli ve kurumsal bir yapıya kavuşturan ilk resmî Osmanlı kurumu olmasıdır. Okul açılmadan önce kadınların öğretmen olarak yetişmesini sağlayan sistemli bir eğitim modeli bulunmuyordu. Darülmuallimâtla birlikte kadın öğretmenlerin yetiştirilmesi belirli kurallara ve bir programa bağlanmış, eğitim sistemindeki önemli ihtiyaçlardan birinin giderilmesi yönünde somut bir adım atılmıştır (Akyüz, 2024).

Kurumun önemli sonuçlarından biri de kız çocuklarının eğitimine yönelik ilginin güçlenmesine katkıda bulunmasıdır. XIX. yüzyılın ortalarına kadar kızların eğitim olanakları oldukça kısıtlıyken Darülmuallimât mezunu öğretmenlerin göreve başlaması, kız rüştiyeleri ve ilkokullarındaki eğitimin yaygınlaşmasını kolaylaştırmıştır. Kadın öğretmen sayısının artması aynı zamanda daha fazla kız çocuğunun okula devam edebilmesi açısından destekleyici bir unsur olmuştur (Kodaman, 1999).

Darülmuallimât, Osmanlı modernleşmesinin eğitim alanındaki kurumsal adımlarından biri olarak da önem taşımaktadır. Tanzimat'la başlayan yenileşme girişimlerinde yalnızca yeni okullar açılması değil, verilen eğitimin niteliğinin geliştirilmesi de amaçlanmıştır. Bunun için öğretmen yetiştirmenin daha sistemli ve bilimsel bir temele oturtulması gerekli görülmüştür. Darülmuallimâtın pedagojik eğitim almış öğretmenler yetiştirmesi, öğretmenlik mesleğinin profesyonelleşmesi açısından önemli bir gelişme olmuştur (Fortna, 2005).

Darülmuallimâtın ortaya çıkardığı değişim eğitim alanının dışına da taşmıştır. Kadınların çalışma hayatında oldukça sınırlı yer alabildiği bir dönemde öğretmenlik, kadınlar açısından toplum tarafından kabul gören ve saygınlık taşıyan mesleklerden biri hâline gelmiştir. Bu sayede kadınlar kendi gelirlerini elde etme, devlet hizmetinde çalışma ve kamusal alanda daha görünür olma imkânı bulmuştur. Dolayısıyla Darülmuallimât, yalnızca eğitim tarihi bakımından değil, Osmanlı kadın tarihi açısından da önemli sonuçlar doğurmuştur (Çakır, 2016).

Darülmuallimât mezunlarının işlevi yalnızca sınıfta ders vermekle sınırlı kalmamıştır. Görev yaptıkları okullarda dönemin yeni öğretim yöntemlerini kullanmış; öğrencilerde bilimsel düşünme, düzenli çalışma ve toplumsal sorumluluk gibi özelliklerin gelişmesine katkıda bulunmaya çalışmışlardır. Bu bakımdan mezun öğretmenler, modernleşme sürecinin eğitim aracılığıyla toplumun farklı kesimlerine taşınmasında da rol oynamıştır (Şanal, 2009).

Darülmuallimâtın oluşturduğu birikim Cumhuriyet'in kurulmasıyla ortadan kalkmamış, yeni dönemde de etkisini devam ettirmiştir. 1924 tarihli Tevhid-i Tedrisat Kanunu'yla eğitim sistemi yeniden düzenlenirken Osmanlı'nın son dönemindeki öğretmen yetiştirme deneyiminden yararlanılmıştır. Cumhuriyet'in ilk yıllarında çalışan kadın öğretmenler arasında Darülmuallimât mezunlarının bulunması, kurumun yeni eğitim politikalarının uygulanması için gerekli insan kaynağına yaptığı katkıyı göstermektedir (Akyüz, 2024).

Darülmuallimâtın kalıcı etkilerinden biri öğretmen yetiştirmenin kurumsal bir yapıya kavuşmasına yaptığı katkıdır. Günümüzde öğretmen eğitiminin temelinde yer alan alan bilgisi, genel kültür ve pedagojik formasyonun birlikte ele alınmasına benzer bir yaklaşımın sistemli örnekleri Darülmuallimât programında görülmektedir. Bu nedenle kurum, Türkiye'de çağdaş öğretmen eğitiminin tarihsel gelişiminde önemli aşamalardan biri olarak kabul edilmektedir.

5. . DARÜLMUALLİMÂTIN CUMHURİYET DÖNEMİNE ETKİLERİ

Darülmuallimâtı yalnızca Osmanlı'nın son dönemine ait bir öğretmen okulu olarak değerlendirmek kurumun etkisini eksik bırakacaktır. Okulun yetiştirdiği öğretmenler, eğitim anlayışı ve öğretmen yetiştirme konusunda oluşturduğu deneyim Cumhuriyet dönemindeki reformlara da yansımıştır. Cumhuriyet'in ilanıyla eğitim sistemi büyük ölçüde yeniden düzenlenmiş olsa da yeni politikaların uygulanmasında Darülmuallimât mezunları görev almıştır. Bu nedenle kurum, Osmanlı'dan Cumhuriyet'e eğitim alanındaki sürekliliği gösteren önemli geçiş noktalarından biri olarak değerlendirilebilir (Akyüz, 2024).

1924 tarihli Tevhid-i Tedrisat Kanunu, farklı eğitim kurumlarını Millî Eğitim Bakanlığı çatısı altında toplayarak eğitimde birlik ilkesini uygulamaya koymuştur. Bu düzenleme sırasında öğretmen yetiştirme sistemi de yeniden şekillendirilmiş; yeni kurumlar oluşturulurken Osmanlı'nın son dönemindeki öğretmen okullarının deneyimlerinden yararlanılmıştır. Darülmuallimâtın kadın öğretmen yetiştirme konusunda oluşturduğu kurumsal tecrübe de Cumhuriyet döneminde kız öğretmen okullarının gelişmesine katkı sunmuştur (Öztürk, 2007; Şanal, 2009). (1924)

Cumhuriyet yönetiminin kadınların toplumsal hayatta daha etkin biçimde yer almalarına yönelik politikaları içinde kadın öğretmenlerin ayrı bir önemi olmuştur. Kadın öğretmenler bir yandan eğitim hizmetlerinin ülkenin farklı bölgelerine ulaşmasında görev alırken diğer yandan yeni dönemin çağdaşlaşma anlayışının toplumda yaygınlaşmasına katkı sağlamıştır. Darülmuallimât mezunları özellikle ilkokullarda yeni programların uygulanmasında ve okuryazarlığın artırılmasına yönelik çalışmalarda aktif olarak görev yapmıştır (Başgöz, 1999).

Cumhuriyet'in ilk dönemindeki eğitim seferberliği sırasında ülkenin çeşitli bölgelerinde çok sayıda yeni okul açılmıştır. Bu okulların öğretmen ihtiyacının karşılanmasında Darülmuallimât kökenli öğretmenlerin sahip olduğu bilgi ve deneyimden yararlanılmıştır. Özellikle kız çocuklarının okula devamını destekleyen kadın öğretmenler, kadınların eğitim hakkının toplumda daha geniş kabul görmesine de katkıda bulunmuştur. Böylece Osmanlı döneminde temelleri atılan kadın öğretmen yetiştirme geleneği Cumhuriyet döneminde daha geniş bir alanda sürdürülmüştür (Akyüz, 2024).

Darülmuallimâtın Cumhuriyet'e aktardığı önemli bir başka birikim, öğretmenliğin profesyonel bir meslek olarak ele alınmasıdır. Kurumda pedagojik eğitime, öğretmenlik uygulamalarına ve meslek etiğine verilen önem sonraki öğretmen okullarının programlarında da etkisini sürdürmüştür. Günümüzde öğretmen eğitiminde kullanılan alan bilgisi, genel kültür ve öğretmenlik meslek bilgisi temelli yapının tarihsel arka planında Darülmuallimât ve benzeri öğretmen okullarının deneyimleri bulunmaktadır (Öztürk, 2007).

Kurumun Cumhuriyet dönemine uzanan etkisi sadece öğretmen yetiştirmeyle sınırlı değildir. Darülmuallimât mezunu bazı kadınlar öğretmenliğin yanında eğitim yöneticiliği, yazarlık ve sosyal sorumluluk alanlarında da etkin olmuştur. Bu kadınlar Cumhuriyet'in eğitim ve kültür politikalarının farklı toplum kesimlerine ulaşmasına katkıda bulunmuş; böylece okul, mezunlarının meslek sahibi olmalarının yanında sosyal ve kültürel yaşamda daha aktif roller üstlenmelerine de zemin hazırlamıştır (Çakır, 2016).

Cumhuriyet döneminde öğretmen yetiştiren kurumların adları ve örgütsel yapıları zaman içinde değişmiş olsa da Darülmuallimât döneminde öne çıkan bazı eğitim ilkeleri varlığını sürdürmüştür. Öğretmenin sadece bilgi aktaran kişi olmadığı, öğrencilerine davranışlarıyla örnek olması ve toplumun gelişiminde sorumluluk üstlenmesi gerektiği düşüncesi sonraki dönemlerde de önemini korumuştur. Bu yönüyle Darülmuallimât, geçmişte kalmış bir okul olmanın ötesinde günümüz öğretmen yetiştirme anlayışının tarihsel birikimine katkıda bulunan önemli kurumlardan biridir.

4. SONUÇ

Darülmuallimât, Osmanlı modernleşmesinin eğitim alanındaki kurumsal adımlarından biri olarak da önem taşımaktadır. Tanzimat'la başlayan yenileşme girişimlerinde yalnızca yeni okullar açılması değil, verilen eğitimin niteliğinin geliştirilmesi de amaçlanmıştır. Bunun için öğretmen yetiştirmenin daha sistemli ve bilimsel bir temele oturtulması gerekli görülmüştür. Darülmuallimâtın pedagojik eğitim almış öğretmenler yetiştirmesi, öğretmenlik mesleğinin profesyonelleşmesi açısından önemli bir gelişme olmuştur (Fortna, 2005).

Darülmuallimâtın programına bakıldığında genel kültür dersleriyle öğretmenlik meslek derslerinin birlikte ele alındığı ve uygulamalı eğitime belirgin biçimde yer verildiği görülmektedir. Pedagojik eğitimin önemsenmesi, öğretmenliğin belirli bilgi ve beceriler gerektiren profesyonel bir meslek olarak gelişmesine katkıda bulunmuş; öğretmen yetiştirmenin Osmanlı eğitim sistemi içinde daha kurumsal bir nitelik kazanmasını desteklemiştir.

Darülmuallimât mezunları, kız çocuklarının eğitim imkânlarının artmasında ve eğitim hizmetlerinin farklı bölgelere ulaşmasında önemli görevler üstlenmiştir. Kadınların çalışma hayatına girmeleri ve kamusal alanda daha görünür hâle gelmeleri bakımından da bu mezunların etkisi dikkate değerdir. Böylece kurum, eğitim aracılığıyla gerçekleşen toplumsal değişimin önemli unsurlarından biri olmuştur. Osmanlı'nın son döneminde oluşan bu deneyim Cumhuriyet'in kurulmasından sonra da devam etmiş ve Darülmuallimâtın eğitim anlayışı yeni öğretmen okullarına aktarılmıştır.

Cumhuriyet dönemindeki eğitim reformlarının hayata geçirilmesinde Darülmuallimât mezunlarının görev üstlenmesi, okulun etkisinin yeni dönemde de sürdüğünü göstermektedir. Öğretmen yetiştirme konusunda Osmanlı'nın son döneminde edinilen deneyim Cumhuriyet eğitim sisteminin gelişmesine katkıda bulunmuş, aynı zamanda kadın öğretmenlerin eğitim sistemi içindeki yerinin güçlenmesine zemin hazırlamıştır.

Sonuç olarak Darülmuallimât, Türk eğitim tarihinde yalnızca kadın öğretmen yetiştiren bir okul olarak ele alınamaz. Kurum, kadınların eğitim imkânlarının genişlemesine katkı sağlamış, öğretmen yetiştirme faaliyetlerinin daha düzenli ve kurumsal bir yapıya kavuşmasında öncü olmuş ve oluşturduğu birikimle Cumhuriyet döneminin eğitim anlayışını da etkilemiştir. Bugünkü öğretmen yetiştirme sisteminin tarihsel gelişimi değerlendirildiğinde, Darülmuallimâtın ortaya koyduğu yaklaşımın çağdaş öğretmen eğitiminin oluşum sürecinde önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir.

REFERENCES

Akyüz, Y. (2024). *Türk eğitim tarihi* (23. bs.). Pegem Akademi.
Altın, H. (2017). Osmanlı eğitim tarihinde Dârülmuallimât (Açılışı ve gelişim süreci). *Akademik Matbuat*, 1(1), 20–37.
Başgöz, İ. (2016). *Türkiye'nin eğitim çıkmazı ve Atatürk*. Pan Yayıncılık.
Çakır, S. (2016). *Osmanlı kadın hareketi*. Metis Yayınları.
Dumanoğlu, S. C., & Yetişgin, M. (2017). *Darülmuallimat mezunları ve istihdamı*. *Cumhuriyet Tarihi Araştırmaları Dergisi*. https://doi.org/10.18299/cahij.139
Ergün, M. (2010). Öğretmenliğin Evrimi ve Gelecekteki Öğretmenlerin Yetiştirilmesi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(3), 1–13.
Fortna, B. C. (2005). *Mekteb-i Hümayun: Osmanlı İmparatorluğu'nun son döneminde İslam, devlet ve eğitim* (P. Siral, Çev.). İletişim Yayınları.

Kodaman, B. (1999). *Abdülhamid Devri eğitim sistemi*. Ankara: Türk Tarih Kurumu Yayınları.
Koçer, H. A. (1991). *Türkiye'de öğretmen yetiştirme problemi*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları.
Öztürk, C. (2007). *Atatürk devri öğretmen yetiştirme politikası*. Ankara: Türk Tarih Kurumu Yayınları.
Sakaoğlu, N. (2003). *Osmanlı'dan günümüze eğitim tarihi*. İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.
Şanal, M. (2003). Osmanlı Devleti'nde öğretmen yetiştirme ve Darülmuallimât. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 15*(2), 287–302.
Türkoğlu, A. (1998). *Türkiye'de öğretmen yetiştirme*. Baki Kitabevi.
Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (12. bs.). Seçkin Yayıncılık.

İMKANSIZ GÖRÜNEN BIR DÖNÜŞÜM MOĞOLLARIN İSLAMLAŞMASINDA İRŞAD, REHBERLIK VE MUHATAPLIK

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Emin ŞİMŞEK
Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, İlahiyat Fakültesi, Din Eğitimi Anabilim Dalı, eminberk@hotmail.com.

Öz

On üçüncü yüzyılda gerçekleşen Moğol istilaları; şehirlerin tahrip edildiği, kütüphanelerin yok edildiği ve ilim hayatının ağır yara aldığı tarihin en sarsıcı kırılmalarından biridir. Müslüman hafızasında derin bir travmaya yol açan bu ortamda, neredeyse hiç kimsenin ihtimal dahi vermediği bir zamanda bazı âlim, sûfî ve davetçiler ezber bozan bir vizyon ortaya koymuş; istilacı Moğolların da Müslüman olabileceği inancıyla onları doğrudan dinî davetin muhatabı kabul etmiştir. Bu vizyon sahada iki temel mecrada pratize edilmiştir: Bireysel davet ve kurumsal/devlet düzeyinde davet. Bireysel davet, seyyah dervişlerin, sûfîlerin, âlimlerin ve tüccarların bozkırda, kervan yollarında ve pazar yerlerinde doğrudan halkla ve askerlerle kurduğu yüz yüze temaslar, sohbetler ve ahlâkî temsil yoluyla yürütülmüştür. Kalenderî dervişlerin Deşt-i Kıpçak ve Kırım'daki faaliyetleri ile yerel halkla kurulan rabıtalar bu taban hareketinin somut örnekleridir. Kurumsal davet ise doğrudan devlet mekanizmasını, hükümdarları ve idarî elitleri hedef almıştır. Saraydaki Müslüman kâtipler ve vezirler bürokratik ilişkileri, ilim ve tasavvuf önderleri ise siyasî elitlerle doğrudan temasları kullanarak tebliğde bulunmuştur. Seyfeddin Bâharzî'nin Berke Han'la görüşmesi, Sadreddin Hammûye'nin Gāzân Han'a rehberliği ve Emîr Nevrûz gibi devlet ricalinin girişimleri bu kurumsal ve tepe düzeydeki irşadın tezahürleridir. Bu çalışma, Altın Orda ve İlhanlı tecrübelerini din eğitimi zaviyesinden inceleyerek Moğolların İslamlaşmasının; yıkımın ortasında doğan güçlü bir muhataplık vizyonunun hem halk tabakasında bireysel irşadla hem de devlet kademesinde kurumsal temaslarla eş zamanlı işletilmesi neticesinde gerçekleştiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Din Eğitimi, Moğollar, İslamlaşma, Altın Orda, İlhanlılar, İrşad, Davet ve Tebliğ, Muhataplık.

AN APPARENTLY IMPOSSIBLE TRANSFORMATION: RELIGIOUS GUIDANCE AND ADDRESSING THE MONGOLS DURING THEIR ISLAMIZATION

Abstract

The thirteenth-century Mongol invasions represent one of the most catastrophic ruptures in history, causing the devastation of cities, the destruction of libraries, and severe damage to scholarly life. In an environment that inflicted profound trauma upon the Muslim collective memory, and at a time when almost no one considered it possible, certain Muslim scholars,

Sufis, and preachers put forward a groundbreaking vision: believing that the invading Mongols could also become Muslim, they treated them directly as the addressees of the Islamic message. In practice, this vision was realized through two primary channels: individual daʿwa and institutional/state-level daʿwa. Individual daʿwa was carried out through face-to-face contacts, conversations, and the moral representation of itinerant dervishes, Sufis, scholars, and merchants who directly engaged with the general populace and soldiers across the steppes, caravan routes, and marketplaces. The activities of Qalandarī dervishes in the Dasht-i Qipchaq and Crimea, along with the ties established with the local people, serve as concrete examples of this grassroots effort. Institutional daʿwa, on the other hand, was directed toward the state apparatus, rulers, and administrative elites. Muslim scribes and viziers utilized bureaucratic networks at court, while prominent scholars and spiritual leaders engaged in direct contact with political leaders to convey the faith. Sayf al-Dīn Bākharzī's meeting with Berke Khan, Ṣadr al-Dīn Ḥammūya's guidance of Ghazan Khan, and the initiatives of high-ranking officials such as Amīr Nawrūz exemplify this institutional, top-level guidance. By examining the Golden Horde and Ilkhanate experiences from the perspective of religious education, this study demonstrates that the Islamization of the Mongols was achieved through a powerful vision of addresseeship born amidst destruction, enacted simultaneously via individual guidance among the common people and institutional contacts at the state level.

Keywords: Religious Education, Mongols, Islamization, Golden Horde, Ilkhanate, Individual Daʿwa, Institutional Daʿwa, Addressee.

Giriş

Moğol istilaları, on üçüncü yüzyıl İslam dünyasının karşılaştığı en ağır felaketlerden biriydi. Mâverâünnehir, Horasan, İran ve Irak'taki şehirler tahrip edildi, çok sayıda insan öldürüldü veya göçe mecbur kaldı. İlim ehlinin öldürülmesi, medreselerin zarar görmesi ve vakıf gelirlerinin kesilmesi, dinî ve ilmî hayatı da sarstı. İbnü'l-Esîr'in 617/1220 yılı hadiselerini anlatırken kullandığı ifadeler, istilaya tanık olan Müslümanların korkusunu ve kederini açık biçimde yansıtır.[1] 1258'de Bağdat'ın işgali ve Abbâsî hilafetinin Irak'taki siyasî varlığının sona ermesi, bu felaketi Müslümanların hafızasında daha da derinleştirdi.

Böyle bir yıkımın ardından Moğollarla dinî ilişki kurmak kolay değildi. Buna rağmen bazı davetçi ve sûfîler, onları irşad ile davet ve tebliğin muhatabı saydı. İşlenen zulmün hükmünü ayrı tutarak İslam'ı anlatmaya devam ettiler. Bu çalışmada, İslam ülkelerini işgal eden

[1] İzzeddin İbnü'l-Esîr, *el-Kâmil fi't-târîh* (Beyrut: Dâr Sâdır–Dâr Beyrut, 1385–1387/1965–1967), 12/358.

Moğolların saldırıya uğrayan Müslümanlar arasından çıkan davetçi ve sûfîler tarafından nasıl davetin muhatabı kabul edildiği ve irşadın hangi yollarla sürdürüldüğü incelenmektedir.

Bu sorunun cevabı Altın Orda ile İlhanlı sahalarında aranmıştır. Altın Orda bölümünde Seyfeddin Bâharzî'nin irşadı, Berke Han'ın ihtidası, Kalenderî dervişlerin faaliyetleri ve Özbek Han zamanında dinî müesseselerin çoğalması incelenmiştir. İlhanlılar bölümünde Müslüman kâtiplerin ve devlet adamlarının saraydaki hizmetleri, sûfîlerin hükümdarlarla görüşmeleri ve Gāzân Han'ın Sadreddin Hammûye'nin rehberliğinde İslam'ı kabul etmesi üzerinde durulmuştur. Hükümdarların ihtidasını anlatan menkıbeler, olayın dinî hafızada kazandığı manayı verir.[2]

Çalışmanın din eğitimiyle bağı, irşadın mahiyetinden doğmaktadır. Din eğitimi örgün ve yaygın olmak üzere iki alanda yürütülür. Belirli bir öğretim düzenine sahip kurumlar örgün din eğitimi içinde yer alır. İrşad, davet, tebliğ, vaaz, sohbet, mektup ve şahsî görüşme ise yaygın din eğitimi faaliyetleridir. Bu faaliyetler imanın esaslarını anlatmayı, ibadetleri öğretmeyi, ahlâkî yaşayışa rehberlik etmeyi ve kişinin dinî hayatına istikamet vermeyi amaçlar.[3] Moğolların İslam'la ilk temaslarında sohbet, seyahat, mektup ve şahsî rehberlik öne çıkmış, ihtidalardan sonra cami, medrese ve zaviyelerde yürütülen eğitim daha geniş kitlelere ulaşmıştır.

Bu çalışma, Moğolların İslamlaşmasını tek bir hükümdarın siyasi kararına veya saraydaki tek taraflı bir iradeye indirgememektedir. İhtida şahsî bir tercih olmakla birlikte, bir toplumun din değiştirmesi; İslam'ı tanıması, muhatap kabul edilmesi, sorularına cevap bulması ve dinî ahlâkı bizzat yaşayarak görmesiyle mümkündür. Moğol istilalarının doğurduğu büyük travmanın ortasında bazı Müslüman davetçilerin ortaya koyduğu tebliğ vizyonu, tam da bu noktada iki farklı mecrada somutlaşmıştır: Bireysel davet ve kurumsal davet.

Bireysel davet;, bozkırda, kervan yollarında ve ordugâhlarda seyyah dervişlerin, Kalenderîlerin, âlimlerin ve tüccarların doğrudan halkla, göçebelerle ve askerlerle yüz yüze kurduğu temaslardır. Kurumsal davet ise saraydaki Müslüman bürokratların idarî temasları ile Bâharzî ve Hammûye gibi saygın âlim ve sûfîlerin doğrudan hanlar, şehzadeler ve emîrler nezdinde yürüttüğü yüksek düzeyli dinî danışmanlık ve rehberlik sürecidir. Biri tabandan

[2] Peter Jackson, *The Mongols and the Islamic World: From Conquest to Conversion* (New Haven: Yale University Press, 2017), 328–380; Devin DeWeese, *Islamization and Native Religion in the Golden Horde: Baba Tükles and Conversion to Islam in Historical and Epic Tradition* (University Park: Pennsylvania State University Press, 1994), 3–14.

[3] 3 Cemal Tosun, *Din Eğitimi Bilimine Giriş*, 9. Basım (Ankara: Pegem Akademi, 2017), 23–24, 195–203. Hüseyin Yılmaz, "Yaygın Din Eğitimi Kurumları ve Toplumsal Barış", *Cumhuriyet Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi* 5/2 (2001), 334–335. Nurullah Altaş, "Cami Dışı Din Eğitimi Etkinliklerini Biçimlendiren Temel Kavramlar ve Bu Alanda Yeni Kavramsallaştırmalar: 'Dinî Danışmanlık' ve 'Manevî Sosyal Hizmetler'", *Yaygın Din Eğitimi Sempozyumu II* (Ankara: Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları, 2013), 295–300.

kitleleri İslam'la buluştururken, diğeri devlet mekanizmasını ve karar alıcıları dinî davetin muhatabı kılmıştır. Hükümdarların ihtidasıyla birlikte cami, medrese, tekke-zaviye ve vakıfların yaygınlaşması ise hem bu bireysel gayretleri hem de saraydaki dinî rehberliği müessesevî ve kalıcı bir din eğitimi yapısına dönüştürmüştür.

1. Yıkıma Rağmen İrşad, Davet ve Muhataplık

İstilanın yol açtığı yıkım, Müslümanlarla Moğollar arasındaki bütün ilişkileri kesmedi. İşgalden kısa süre sonra şehirlerin onarımı, su yollarının açılması ve ilim kurumlarının yeniden hizmet vermesi için çalışmalar başladı. Cüveynî'nin Hülegü'den izin alarak Habûşân'ın onarımına girişmesi, Bağdat'taki Müstansıriyye Medresesi'nin yeniden açılması, cami, medrese, ribât, türbe ve köprülerin tamir edilmesi bu döneme rastlar.[4] Bu faaliyetlerde Müslüman devlet adamları, kâtipler, âlimler ve şehir halkı görev aldı. Moğol idarecilerle kurulan münasebet, siyasî mecburiyetlerin yanında dinî hayatın devamı için de kullanıldı.

Yıkıma rağmen irşada devam edilmesi, çalışmanın ele aldığı muhataplık anlayışının temelidir. Muhataplık, işlenen zulmün hesabını ayrı tutarak insanın hidayete erebilme ve İslam'ı öğrenebilme imkânını kabul etmektir. Kur'an'ın tebliğ emri ve İslam irşad geleneği bakımından muhatabın dinî, siyasî veya ahlâkî durumu, ona söylenecek sözün üslubunu belirler. Moğol istilaları sırasında bu esas, son derece ağır şartlar altında uygulanmıştır.

Seyfeddin Bâharzî bu tutumun en açık örneklerinden biridir. Bâharzî, Moğol istilası sırasında Harezm'de şehit edilen Necmeddîn-i Kübrâ'nın önde gelen halifelerindendi. Hocası ve mensubu olduğu tasavvuf muhiti istiladan ağır zarar görmesine rağmen Buhara'ya yerleşti. Burada hadis okuttu, vaaz etti ve irşad faaliyetini sürdürdü. İlmî birikimi ve sûfî şahsiyetiyle Müslüman halkın ve Moğol ileri gelenlerinin hürmetini kazandı. Berke Han'ın onu ziyaret etmesi ve Bâharzî'nin Berke üzerindeki tesirine dair rivayetler, bu irşadın hükümdar katına kadar ulaştığını bildirir.[5]

Bâharzî'nin, Çağatay Han'ın veziri Kutbeddin Habaş Amid'e yazdığı mektup, onun yaptığı davet ve tebliğin başka bir yönünü taşır. Mektupta gayrimüslim bir hükümdarın hizmetinde bulunan Müslüman bir devlet adamının dinî sorumlulukları hatırlatılır. Mektubun doğrudan bir ihtida davetnâmesi olmadığı, Moğol idaresi altında görev yapan bir Müslümana dinî ve ahlâkî ölçüler verdiği anlaşılmaktadır[6] Böylece Bâharzî, gayrimüslimlere İslam'ı anlatırken Müslümanların inanç ve ahlâkını korumalarına da rehberlik etmiştir.

---

[4] Jackson, *The Mongols and the Islamic World*, 177–180.

[5] Süleyman Uludağ, "Bâharzî, Seyfeddin", *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (İstanbul: TDV Yayınları, 1991), 4/474–475. Enver Konukçu, "Berke Han", *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (İstanbul: TDV Yayınları, 1992), 5/506–507.

[6] Devin DeWeese, "The Eclipse of the Kubraviyah in Central Asia", *Iranian Studies* 21/1–2 (1988), 50.

Sorkaktani Beki'nin Buhara'da yaptırdığı medresenin idaresini Bâharzî'ye vermesi ve bazı köylerin gelirlerini bu medreseye vakfetmesi, Bâharzî'nin ilmî ve dinî hizmetlerinin devamına imkân vermiştir.[7] Bu olayda şahsî davet ile öğretim yan yanadır.

Altın Orda sahasında Kırım'a irşad maksadıyla giden Kalenderî davetçiler de Moğol ve Kıpçak beylerine ulaşmaya çalıştı. Bazıları siyasî şartlar sebebiyle faaliyetlerini ihtiyatla yürüttü.[8] Sohbet, ziyaret ve bireysel temas, bozkır hayatında medreseye devam etme imkânı bulamayan kimselere ulaşmanın başlıca yollarındandı.

Harezm, Buhara, Kırım, Anadolu, İran ve Deşt-i Kıpçak arasında seyahat eden âlimler ve sûfîler gittikleri yerlerde ders okuttu, vaaz etti ve dinî eserleri talebelerine ulaştırdı. Ders halkaları ve tekke sohbetleri sayesinde farklı bölgelerdeki Müslümanlar arasında ilmî ve dinî bağlar kuruldu. Din hizmeti, âlim ve sûfîlerin yolculuklarıyla insanların bulunduğu yerlere taşındı.[9]

Âlim, sûfî, tacir ve devlet adamı kendi şartları içinde hizmet etti. Kimi hükümdara ulaştı, kimi askerler ve tüccarlarla görüştü, kimi de Müslüman çocuklara ve yetişkinlere dinlerini öğretti. Hepsi Moğolları İslam'ın hitabından uzak görmedi. Davet eden İslam'ı anlatır ve örnek olur, muhatap ise dinler, düşünür ve karar verir.

2. Altın Orda'da Berke ve Özbek Han Dönemleri

İslam, Berke Han'dan önce Cuci ulusunda tanınıyordu. Harezm şehirlerindeki Müslüman halk, ticaret için bozkıra giden tacirler, sarayda çalışan kâtipler, davetçiler ve sûfîler vasıtasıyla Moğollar ile Kıpçaklar İslam'la karşılaşmıştı. Berke'nin ihtidası bu bakımdan İslam'ın bölgeye ilk gelişi sayılmaz. Onun önemi, Müslüman olan ilk Cengizli hükümdarlardan biri olması ve İslam dünyasıyla siyasî ve dinî münasebetleri artırmasıdır.[10]

Berke'nin ne zaman ve kimin irşadıyla Müslüman olduğu hususunda farklı rivayetler vardır. Bâharzî ile görüşmesi bazı anlatılarda ihtidanın başlıca sebebi olarak verilir. Başka rivayetler Berke'nin Harezm'de bulunduğu sırada, hükümdar olmadan önce Müslüman olduğunu bildirir. Berke'nin Müslüman kimliğini benimsediği, Bâharzî ile görüştüğü ve

---

[7] Uludağ, "Bâharzî, Seyfeddin", 4/474–475.

[8] Il'nur Mirgaleev, "The Islamization of the Golden Horde: New Data", *Golden Horde Review* 2016/1, 91–92, 95–96.

[9] Muharrem Çakmak, "Din Eğitimi ve Öğretiminde Metodolojik Bir Yaklaşım – Seyahate Dayalı Tasavvufî İrşad Metodu", *Dinbilimleri Akademik Araştırma Dergisi* 9/4 (2009), 138–141. A. C. S. Peacock, "Islamisation in the Golden Horde and Anatolia: Some Remarks on Travelling Scholars and Texts", *Revue des mondes musulmans et de la Méditerranée* 143 (2018), 151–164.

[10] Konukçu, "Berke Han", 5/506–507. Mustafa Kafalı, *Altın Orda Hanlığının Kuruluş ve Yükseliş Devirleri* (İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, 1976), 54–59. Jackson, *The Mongols and the Islamic World*, 328–351.

Müslüman âlimlere hürmet ettiği açıktır. Kur'an öğretimi için mektepler açtırdığı, Saray'da imam ve müezzinler bulundurduğu da nakledilmektedir.[11]

Berke'nin ihtidası, sarayın Müslümanlarla münasebetini artırdı. İslam ülkelerinden gelen elçiler, âlimler ve tüccarlar daha iyi kabul gördü. Berke ile Hülegü arasındaki savaşın sebepleri arasında toprak, vergi ve hâkimiyet meselesi önemli yer tutuyordu. Berke'nin Müslüman olması, Bağdat'ın işgaline karşı duyduğu tepkiye ve Memlüklerle kurduğu ittifaka dinî bir mana da kattı.[12] Siyasî sebeplerle dinî bağlılık aynı hadisede birleşmişti. Berke'nin ihtidası bu sebeple siyasî münasebetler ve dinî bağlılık beraber düşünülerek açıklanmalıdır.

Berke'den sonra bütün Cuci ulusu kısa sürede Müslüman olmadı. Cengiz Han yasasına bağlı emirler, eski inançlarını sürdüren boylar, Hristiyanlar ve Müslümanlar uzun süre bir arada yaşadı.[13]

Özbek Han 1313'te tahta çıktı. Sikkelerde Muhammed adının yaklaşık 1320'den itibaren yer almasına dayanılarak onun bu tarihlerde İslam'ı kabul ettiği belirtilir. Ötemiş Hacı ve Abdülgaffar Kırîmî, Hârizm ve Buhara taraflarından gelen Mecdüddin Şirvânî, Baba Tükles, Şeyh Ahmed ve Şeyh Hasan Gürgânî'nin Özbek Han'ı İslam'a davet ettiğini nakleder. Uluğ Bey ise Seyyid Ata'nın telkinini öne çıkarır.[14]

Özbek Han'ın ihtidasından sonra İslam, Altın Orda sarayında ve devlet idaresinde daha güçlü bir yer edindi. Cami, medrese, zaviye ve vakıfların çoğalması, âlimlerin, kadıların, müderrislerin ve davetçilerin daha geniş bir sahada hizmet etmesine imkân verdi. Medreselerde Kur'an, hadis, fıkıh ve diğer İslâmî ilimler okutuldu. Camilerde hutbe, vaaz ve ibadet yoluyla halkın dinî hayatı beslendi. Zaviyelerde sohbet ve irşad sürdü. Vakıflar bu hizmetlerin maddî ihtiyaçlarını karşıladı.[15] İslam, şehirlerin ve bozkır halkının dinî hayatına yerleşmeye başladı.

Özbek Han'ın İslam'ı devlet idaresinde esas alması, Müslümanların konumunu kuvvetlendirdi. Ülkede yaşayan Hristiyanlar varlıklarını sürdürdü ve kilise teşkilatı bazı imtiyazlarını korudu.[16] Berke zamanında âlim ve davetçilerle kurulan şahsî münasebetler,

---

[11] Konukçu, "Berke Han", 5/506–507. Kafalı, *Altın Orda Hanlığının Kuruluş ve Yükseliş Devirleri*, 54–59.

[12] Konukçu, "Berke Han", 5/506–507. Kafalı, *Altın Orda Hanlığının Kuruluş ve Yükseliş Devirleri*, 54–59. Jackson, *The Mongols and the Islamic World*, 345–351.

[13] DeWeese, *Islamization and Native Religion*, 107–121.

[14] Mustafa Kafalı, "Özbek Han", *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (İstanbul: TDV Yayınları, 2007), 34/107–109. Kafalı, *Altın Orda Hanlığının Kuruluş ve Yükseliş Devirleri*, 73–82.

[15] Roman Hautala, "Islamization of the Golden Horde during Özbeg Khan's Rule according to Muslim, Latin, and Rus' Sources", *The Routledge Handbook of the Mongols and Central-Eastern Europe*, ed. Alexander V. Maiorov ve Roman Hautala (Abingdon: Routledge, 2021), 501–508. Kafalı, "Özbek Han", 34/107–109. Kafalı, *Altın Orda Hanlığının Kuruluş ve Yükseliş Devirleri*, 73–82.

[16] Hautala, "Islamization of the Golden Horde during Özbeg Khan's Rule", 502–504. Kafalı, "Özbek Han", 34/107–109.

Özbek Han devrinde cami, medrese, zaviye ve vakıf hizmetleriyle genişledi. İslam'ın Altın Orda'da yerleşmesi birkaç nesil boyunca süren tebliğ, davet ve dinî yaşayışla gerçekleşti.

3. İlhanlılarda Gāzân Han'ın İhtidası ve Dinî Rehberlik

İlhanlılarda hükümdarların ihtidasından önce de halk müslümandı. İran ve Irak'taki Müslümanlar, istiladan sonra da dinî hayatlarını sürdürdü. Moğol idaresi, vergi, yazışma, maliye ve şehir yönetimi için Müslüman kâtiplere ve devlet adamlarına ihtiyaç duydu. Bu kimseler sarayda görev yaparken kendi dinî kimliklerini de taşıdı. Sûfîler, âlimler, hekimler ve tacirler İlhanlı emirleriyle görüştü. Bu yakınlık, Moğol idarecilerinin Müslümanların dinî yaşayışını, ibadetlerini ve ahlâkî duruşunu bizzat görüp yakından tanımasına vesile oldu.[17]

İlhanlı sarayında Budist rahipler, Hristiyan din adamları, Müslüman âlimler ve Şamanî gelenekleri sürdüren kişiler bir arada bulunabiliyordu. Hükümdarlar farklı dinlerin mensuplarını dinliyor ve zaman zaman onlardan dinî hizmet alıyordu. Müslüman davetçiler inanç esaslarını anlatıyor, muhatabın sorularını cevaplıyor ve İslam ahlâkını yaşayışlarıyla temsil ediyordu. Sûfî ve davetçilerin sarayda kabul görmesinde ilmî ehliyetleri, zühdleri, vakarları ve kendilerine duyulan güven etkiliydi.[18]

Gāzân Han'ın 694/1295'te İslam'ı kabul etmesi, İlhanlı tarihinde önemli bir dönüm noktasıdır. Emir Nevrûz, taht mücadelesi sırasında Gāzân'ın en güçlü yardımcılarından biriydi ve onun Müslüman olmasını istiyordu. Sadreddin İbrâhim Hammûye, Gāzân'a kelime-i şehâdet getirmesinde ve İslam'ın hükümlerini öğrenmesinde rehberlik etti. Nevrûz'un siyasî talebi ile Hammûye'nin dinî rehberliği aynı hadisede birleşti.[19] Bu ihtidayı Gāzân'ın siyasî şartları, sûfîlerle görüşmeleri ve İslam'a duyduğu ilgiyle birlikte düşünmek gerekir.

Hammûye'nin Gāzân'la ilişkisi, yaygın din eğitiminde şahsî rehberliğin tarihî örneklerindendir. Hükümdar, dinî bilgisi ve yaşayışıyla itimat ettiği bir müslümandan İslam'ın esaslarını öğrenmiştir. Gāzân'ın ihtidasından sonra hutbeler onun Müslüman adıyla okundu. Cami, medrese, hankah ve hayır eserleri için tahsisler yapıldı.[20] Müslüman âlimlerin, kadıların ve müderrislerin vazifeleri arttı. Halkın dinini öğrenmesi medreselerdeki dersler, camilerdeki vaazlar ve hankahlardaki sohbetlerle devam etti. Sarayın İslam'ı kabulü dinî müesseselerin

[17] Seyfullah Kara, *Moğolların İslâmiyeti Kabulü ve İlhanlı Devleti'nde İslâmlaşma Süreci* (İstanbul: İz Yayıncılık, 2006), 118-126, 145-168; Peter Jackson, *The Mongols and the Islamic World: From Conquest to Conversion* (New Haven: Yale University Press, 2017), 312-328; Abdülkadir Yuvalı, "İlhanlılar", *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (İstanbul: TDV Yayınları, 2000), 22/108-109.

[18] Reuven Amitai-Preiss, "Sufis and Shamans: Some Remarks on the Islamization of the Mongols in the Ilkhanate", *Journal of the Economic and Social History of the Orient* 42/1 (1999), **ss.** 27–46

[19] Yuvalı, "Gāzân Han", 13/429-431; Amitai-Preiss, "Sufis and Shamans", 34-41.

[20] Yuvalı, "Gāzân Han", 13/429-431; Jackson, *The Mongols and the Islamic World*, 352-380.

hızla yaygınlaşmasını sağlarken, toplumun dinî kimliğindeki asıl dönüşüm nesiller boyu süren tedrisat ve irşad faaliyetleriyle olgunlaşmıştır.

Altın Orda ve İlhanlılarda hükümdarların ihtidasından önce de Müslümanlar vardı. Âlimler, sûfîler, tacirler ve devlet adamları Moğollarla uzun süre görüştü. İhtidadan sonra medrese, cami, zaviye ve vakıf hizmetlerinin artmasıyla dinin öğrenilmesi ve yaşanması kolaylaştı. Moğolların İslamlaşmasını anlamak için saraydaki kararların yanında irşadı, öğretimi, ibadeti ve gündelik dinî yaşayışı da hesaba katmak gerekir.

4. Moğolların İslamlaşmasının Din Eğitimi Açısından Değerlendirilmesi

Moğolların İslamlaşması, şahsî irşad faaliyetleri ile müessesevî din eğitiminin tarih içindeki birlikteliğine dair dikkat çekici bir örnektir. İlk temaslarda seyahat eden sûfîler, ders ve sohbet halkaları kuran âlimler, nasihat mektubu yazan şeyhler ve sarayda vazife yapan Müslüman bürokratlar öne çıkmıştır. İrşad, davet ve tebliğ yoluyla İslam'ın inanç esasları aktarılmış, ibadetler öğretilmiş ve ahlâkî bir hayata çağrıda bulunulmuştur. Hükümdarların ihtidasından sonra ise medreseler çoğalmış, ilmî tedrisat düzenli bir yapıya kavuşmuş ve yeni nesiller İslâmî ilimleri tahsil etme imkânı bulmuştur. Cami ve zaviyeler de vaaz, sohbet ve ibadet meclisleriyle toplumun dinî terbiyesine hizmet etmiştir.[21]

Davet ve tebliğin usulünü belirleyen başlıca husus muhatabı tanımaktır. Bâharzî Müslüman bir vezire dinî sorumluluklarını hatırlatmış, Hammûye ise gayrimüslim bir hükümdara İslam'ın esaslarını anlatmıştır. Muhatabın inancı, bilgisi, vazifesi ve ihtiyacı değiştikçe söylenecek söz ve kullanılacak usul de değişir. Köylü dinî hitapta muhatabın yaşı, bilgisi, inancı, ihtiyaçları ve geçmiş tecrübelerinin dikkate alınmasını gerekli görür. Özdemir de cezaevi gibi farklı bir yaygın din eğitimi alanında muhatabın psikolojik durumu ile bulunduğu şartların bilinmesini, içerik ve yöntemin buna göre düzenlenmesini gerekli görür. Aydın'ın öğretimi öğrenmeye kılavuzluk etme faaliyeti olarak ele alması da irşadın tek yönlü bilgi aktarımına indirgenemeyeceğini gösterir.[22] Kalenderî dervişlerin bozkırda seyahat etmesi, Bâharzî'nin Buhara'da vaaz ve dersle meşgul olması, Hammûye'nin sarayda şahsî rehberlik yapması bu usulün tarihî örnekleridir.

[21] Tosun, *Din Eğitimi Bilimine Giriş*, 23–24, 195–203. Yılmaz, "Yaygın Din Eğitimi Kurumları ve Toplumsal Barış", 334–335. Altaş, "Cami Dışı Din Eğitimi Etkinliklerini Biçimlendiren Temel Kavramlar", 295–300.

[22] Mustafa Köylü, "Dinî İletişimde Hedef Kitle Sorunu", *Değerler Eğitimi Dergisi* 1/1 (2003), 111–115. Şuayip Özdemir, "Ceza Evlerinde Din Eğitiminin Temel Problemlerine Genel Bir Bakış", Değerler Eğitimi Dergisi 3/9 (2005), 171–172. Mehmet Zeki Aydın, "Aktif Öğretim Yöntemlerinden Buldurma (Sokrates) Yöntemi", Cumhuriyet Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi 5/1 (2001), 56.

Tebliğde söz ile yaşantı bir bütündür. Moğol ricâlinin görüştüğü davetçiler; ilim, ibadet ve ahlâktaki samimiyetleri kadar vakar ve şahsiyetleriyle de güven vermişlerdir. Bâharzî'nin Buhara'daki itibarı ve Hammûye'ye duyulan hürmet, şahsî temsilin bu dönüşümdeki belirleyici yerini gösterir. Dinî hakikatlerin etkili biçimde anlatılması, anlatanın yaşayışıyla sözünün birbirine uygun olmasını gerektirir. Yılmaz, Hz. Peygamber'in eğitiminde sevgi, müsamaha, dikkatle dinleme ve insanları inanç konusunda zorlamama esaslarını özellikle vurgular. Bilgin de hoşgörüyü haksızlığa razı olmak şeklinde anlamaz ve İslam'ın tebliğinde yumuşaklık ile sabrın önemine dikkat çeker. Aşıkoğlu'nun vaizler için belirlediği özel alan, eğitme-öğretme, genel kültür ve kişisel nitelik yeterlikleri de irşadın yalnızca konuşma becerisine indirgenemeyeceğini gösterir.[23]

Dinî terbiye zamana ihtiyaç duyar. Bir hükümdarın kelime-i şehâdet getirmesi önemli bir başlangıçtır. İmanın esaslarını öğrenmek, ibadetleri yerine getirmek, helal ve haram ölçülerine alışmak, aile hayatını ve toplumsal münasebetleri İslam ahlâkına göre düzenlemek sürekli bir eğitimi gerektirir. Altın Orda ve İlhanlılarda hükümdar ihtidasından sonra medrese, cami, zaviye ve vakıflara duyulan ihtiyaç bu sebeple artmıştır. Yılmaz da din eğitiminin kişilik, ahlâk ve dinî yaşayış üzerindeki tesirini ele alır. İhtidanın öğretim ve terbiye ile devam etmesi bu açıdan önemlidir.[24]

Örgün ve yaygın din eğitimi aynı dinî gayeye hizmet eder. Medrese Kur'an, hadis, fıkıh ve diğer İslâmî ilimlerin belli bir usul içinde okutulduğu yerdir. Cami, zaviye, ev, saray ve yolculuk sırasında yapılan sohbetler ise farklı yaş ve seviyedeki insanlara ulaşır. Yılmaz tekke ve zaviyeleri tarih boyunca yaygın din eğitimi veren yerler arasında sayar. Çakmak da sûfîlerin ilim ve irşad için yaptıkları seyahatleri, din hizmetini insanların bulunduğu yere götüren bir usul olarak anlatır.[25] Bâharzî'nin medresede ders vermesi, vaaz etmesi ve mektupla rehberlikte bulunması iki eğitim alanının beraber yürütülmesine güzel bir örnektir.

Muhataplık kavramı bu esasların tamamını bir araya getirir. Moğolların işlediği zulüm, onlara karşı söylenecek hak sözün terk edilmesini gerektirmemiştir. Âlim ve davetçiler, geçmişte yapılanları unutmadan davet ve tebliğ görevini yerine getirmiştir. İşlenen zulmün hesabını ayrı tutarak insanın tevbe, öğrenme ve değişme imkânını esas almışlardır. Din eğitiminde muhataplık, kişiyi mensup olduğu kavim, taşıdığı unvan veya işlediği fiille

[23] Hüseyin Yılmaz, "Hz. Peygamber'in Eğitiminde Bir İlke Olarak Hoşgörü", *Cumhuriyet Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi* 8/1 (2004), 110-113; Beyza Bilgin, "İslâm ve Hoşgörü", *Diyanet İlmi Dergi* 34/1 (1998), 115-118; Nevzat Yaşar Aşıkoğlu, "Vaizlerde Aranacak Temel Yeterlilikler Üzerine", *Cumhuriyet Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi* 8/2 (2004), 17-18.

[24] Hüseyin Yılmaz, *Din Eğitimi ve Sosyal Barış* (İstanbul: DEM Yayınları, 2019), 89–104.

[25] Yılmaz, "Yaygın Din Eğitimi Kurumları ve Toplumsal Barış", 342-344; Mehmet Çakmak, "Seyahate Dayalı Tasavvufi İrşad Metodu (Yesevîlik ve Bektâşîlik Örneği)", *Cumhuriyet İlahiyat Dergisi* 21/1 (2017), 138-141.

tanımlamamak, ona hakikati öğrenebilecek bir insan olarak hitap etmektir. Kızılabdullah ve Yürük'ün dinden öğrenme modeline ilişkin değerlendirmeleri, muhatabın dinî içeriği kendi yaşantısı üzerinden anlamlandırmasına ve farklı inanç sahiplerine karşı hoşgörü ile saygı geliştirmesine imkân veren bir yaklaşım ortaya koyar. Batar da din eğitiminde ötekini bir gerçeklik olarak gören ve dinle bağlantılı inanış ile tutumları hak kapsamında değerlendiren kuşatıcı bir anlayışı gerekli görür.[26]

Bu bakımdan Moğolların İslamlaşması günümüz din eğitimi için de anlam taşır. Din eğitimcisi, kendisinden farklı inanç ve yaşayışa sahip kişiyi tanımalı, onun sorusunu dinlemeli ve anlayabileceği bir dil kullanmalıdır. Sertlik, küçümseme ve zor kullanımı davet ve tebliğin gayesiyle bağdaşmaz. Sabır, hikmet, güzel öğüt, ilmî ehliyet ve güzel ahlâk muhatabın güven duymasına katkı sağlar. Karasu'nun eleştirel düşünme ve buldurma yöntemine ilişkin değerlendirmeleri, din eğitiminde muhatabı pasif alıcı konumunda bırakmayan, soru sormaya ve düşünmeye alan açan bir yaklaşımın önemini gösterir.[27]

Sonuç

Moğol istilaları, İslam dünyasında şehirlerin tahrip edildiği, insanların öldürüldüğü, ilim merkezlerinin zarar gördüğü ve köklü siyasî yapıların ortadan kalktığı ağır bir yıkıma yol açmıştır. Böyle bir ortamda Moğolların, Müslümanların zihninde düşman ve istilacı olarak yer edinmesi anlaşılır bir durumdur. Buna rağmen bazı âlimler, sûfîler, davetçiler, tacirler ve devlet adamları Moğolları İslam'ın hitabının dışında bırakmamıştır. Bu çalışmanın temel sonucu, Moğolların İslamlaşmasına giden sürecin, bazı Müslümanların onları bütün yaptıklarına rağmen davet ve tebliğin muhatabı kabul etmesiyle başladığıdır.

Bu muhataplık anlayışı, Moğolların işlediği zulmü unutmak veya meşru görmek anlamına gelmemektedir. Davetçiler, yaşanan yıkımın sorumluluğu ile insanın hidayete ulaşma ihtimalini birbirinden ayırmıştır. Moğolların yaptıklarına karşı çıkarken onların İslam'ı öğrenebileceklerini, düşünebileceklerini ve değişebileceklerini kabul etmişlerdir. Seyfeddin Bâharzî'nin, mensubu olduğu tasavvuf çevresi istiladan ağır zarar gördüğü hâlde davet ve tebliğ faaliyetini sürdürmesi bu tavrın açık örneklerindendir. Berke Han'la kurulan ilişki, Kalenderî dervişlerin bozkırdaki faaliyetleri, Sadreddin Hammûye'nin Gāzân Han'a rehberliği ve Müslüman devlet adamlarının saraydaki temasları aynı anlayışın farklı sahalardaki karşılıklarıdır.

[26] Yıldız Kızılabdullah - Tuğrul Yürük, "Din Eğitimi Modelleri Çerçevesinde Türkiye'deki Din Eğitimi Üzerine Genel Bir Değerlendirme", *Dinî Araştırmalar* 11/32 (2008), 115; Yusuf Batar, "Örgün Din Eğitiminde 'Öteki' Problemi", *Türkiye Din Eğitimi Araştırmaları Dergisi* 16 (2023), 58.

[27] Teceli Karasu, "Din Eğitiminde Eleştirel Düşünme ve Öz Eleştiri", *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 9/İDEKTA (2021), 174-175.

Moğolların İslamlaşması bir anda veya tek bir kişinin gayretiyle gerçekleşmemiştir. Halkla kurulan yüz yüze ilişkiler, sohbetler, seyahatler, ahlâkî temsil, mektuplar ve şahsî rehberlik ilk temasları oluşturmuştur. Hükümdarların ihtidasının ardından cami, medrese, zaviye ve vakıfların çoğalması dinî öğretimin daha düzenli yürütülmesine imkân vermiştir. Böylece bireysel davet ve irşad faaliyetleri zamanla daha düzenli bir eğitim yapısına kavuşmuştur. Berke ve Gāzân Han gibi hükümdarların İslam'ı kabulü siyasî bakımdan önemli dönüm noktalarıdır. Toplumdaki asıl değişim ise uzun süre devam eden davet, tebliğ, irşad ve dinî öğretim faaliyetleri içinde meydana gelmiştir.

Günümüzde yaygın din eğitimi camilerde, Kur'an kurslarında, sohbet halkalarında, aile içinde, gençlik çalışmalarında, cezaevlerinde, hastanelerde, öğrenci yurtlarında, sivil toplum kuruluşlarında ve farklı sosyal çevrelerde sürdürülmektedir. Sosyal medya, internet siteleri, dijital yayınlar ve çevrim içi iletişim ortamları da davet, tebliğ ve irşad faaliyetlerinin önemli mecraları hâline gelmiştir. Bu alanlarda hizmet yürüten din görevlileri, Kur'an kursu öğreticileri, vaizler, manevi danışmanlar, sivil toplum temsilcileri ve dijital içerik hazırlayan kişiler ve davetçiler çok farklı inanç, düşünce ve hayat tarzlarına sahip insanlarla karşılaşmaktadır.

Moğolların İslamlaşması sürecinden günümüz yaygın din eğitimine taşınabilecek temel ilke, "öteki" olarak görülen kişiyi de muhatap kabul etmektir. Camiye gelmeyen, dinî bilgiye sahip olmayan, İslam'a mesafeli duran, Müslümanlara karşı önyargı taşıyan veya dinî anlatımlara sert tepki gösteren kişi davet ve tebliğin dışında bırakılamaz. Yaygın din eğitiminin görevi yalnızca hâlihazırda camiye, kursa veya sohbete devam eden insanlara hitap etmek değildir. Dinî hitabın ulaşmadığı kişilere ulaşmak, onların sorularını dinlemek ve anlayabilecekleri bir dil kullanmak da bu görevin içindedir.

Bu yaklaşım hakikatten taviz verilmesini veya her düşüncenin doğru kabul edilmesini gerektirmez. İşlenen yanlış açıkça ifade edilirken kişinin öğrenme, düşünme, tevbe etme ve değişme imkânı korunmalıdır. Moğolları muhatap kabul eden davetçiler de zulmü onaylamamış, fakat insanı geçmişteki fiilleriyle sınırlamamıştır. Günümüz davet, tebliğ ve irşad faaliyetlerinde de yanlış davranış ile insanın değişme ihtimali birbirinden ayrılmalıdır.

Moğol istilaları sırasında sürdürülen irşad faaliyetleri, en kötü şartlarda dahi davet kapısının kapatılmaması gerektiğini göstermektedir. İslam dünyasında büyük bir yıkıma yol açan bir topluluğun sonraki nesiller içinde İslam medeniyetinin bir parçası hâline gelmesinde, onları davet ve tebliğin muhatabı kabul eden insanların payı vardır. Günümüz yaygın din eğitiminin bu tarihsel tecrübeden alacağı temel ders de budur. Camide, Kur'an kursunda, sosyal

medyada, sivil toplum faaliyetlerinde ve bireysel ilişkilerde dinî hizmet yürüten kişi, kendisinden en uzak gördüğü insanı dahi muhatap kabul etmelidir. Çünkü davet ve tebliğ, yalnızca yakın olana seslenmek değil, uzak görülen insana da hikmetle ulaşabilmektir.

Kaynakça

Altaş, Nurullah. "Cami Dışı Din Eğitimi Etkinliklerini Biçimlendiren Temel Kavramlar ve Bu Alanda Yeni Kavramsallaştırmalar: 'Dinî Danışmanlık' ve 'Manevî Sosyal Hizmetler'". *Yaygın Din Eğitimi Sempozyumu II*. 295–318. Ankara: Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları, 2013.

Aşıkoğlu, Nevzat Yaşar. "Vaizlerde Aranacak Temel Yeterlilikler Üzerine". Cumhuriyet Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi 8/2 (2004), 17–24.

Aydın, Mehmet Zeki. "Aktif Öğretim Yöntemlerinden Buldurma (Sokrates) Yöntemi". Cumhuriyet Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi 5/1 (2001), 55–80.

Amitai-Preiss, Reuven. "Ghazan, Islam and Mongol Tradition: A View from the Mamluk Sultanate". *Bulletin of the School of Oriental and African Studies* 59/1 (1996), 1–10. https://doi.org/10.1017/S0041977X00028524.

Amitai-Preiss, Reuven. "Sufis and Shamans: Some Remarks on the Islamization of the Mongols in the Ilkhanate". *Journal of the Economic and Social History of the Orient* 42/1 (1999), 27–46.

Batar, Yusuf. "Örgün Din Eğitiminde 'Öteki' Problemi". Türkiye Din Eğitimi Araştırmaları Dergisi 16 (2023), 45–78. https://doi.org/10.53112/tudear.1361099.

Bilgin, Beyza. "İslâm ve Hoşgörü". *Diyanet İlmi Dergi* 34/1 (1998), 115–128.

Cebeci, Suat. "Bir Din Öğretimi Yaklaşımı Olarak Dini Danışma ve Rehberlik". Değerler Eğitimi Dergisi 8/19 (2010), 53–69.

Çakmak, Muharrem. "Seyahate Dayalı Tasavvufî İrşad Metodu". *Dinbilimleri Akademik Araştırma Dergisi* 9/4 (2009), 127–149.

DeWeese, Devin. *Islamization and Native Religion in the Golden Horde: Baba Tükles and Conversion to Islam in Historical and Epic Tradition*. University Park: Pennsylvania State University Press, 1994.

DeWeese, Devin. "The Eclipse of the Kubraviyah in Central Asia". *Iranian Studies* 21/1–2 (1988), 45–83. https://doi.org/10.1080/00210868808701709.

Hautala, Roman. "Islamization of the Golden Horde during Özbeg Khan's Rule according to Muslim, Latin, and Rus' Sources". *The Routledge Handbook of the Mongols and Central-Eastern Europe*. ed. Alexander V. Maiorov ve Roman Hautala. 501–512. Abingdon: Routledge, 2021.

Jackson, Peter. *The Mongols and the Islamic World: From Conquest to Conversion*. New Haven: Yale University Press, 2017.

Kafalı, Mustafa. *Altın Orda Hanlığının Kuruluş ve Yükseliş Devirleri*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, 1976.

Kafalı, Mustafa. "Özbek Han". *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. 34/107–109. İstanbul: TDV Yayınları, 2007.

Karasu, Teceli. "Din Eğitiminde Eleştirel Düşünme ve Öz Eleştiri". Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 9/İDEKTA (2021), 169–178. https://doi.org/10.18506/anemon.906778.

Kızılabdullah, Yıldız - Yürük, Tuğrul. "Din Eğitimi Modelleri Çerçevesinde Türkiye'deki Din Eğitimi Üzerine Genel Bir Değerlendirme". Dinî Araştırmalar 11/32 (2008), 107–130.

Konukçu, Enver. "Berke Han". *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. 5/506–507. İstanbul: TDV Yayınları, 1992.

Köylü, Mustafa. "Dinî İletişimde Hedef Kitle Sorunu". *Değerler Eğitimi Dergisi* 1/1 (2003), 111–137.

İbnü'l-Esîr. *The Chronicle of Ibn al-Athīr for the Crusading Period from al-Kāmil fī'l-Ta'rīkh, Part 3: The Years 589–629/1193–1231*. çev. D. S. Richards. Farnham: Ashgate, 2008.

Mirgaleev, Il'nur. "The Islamization of the Golden Horde: New Data". *Golden Horde Review* 2016/1, 89–101.

Özdemir, Şuayip. "Ceza Evlerinde Din Eğitiminin Temel Problemlerine Genel Bir Bakış". Değerler Eğitimi Dergisi 3/9 (2005), 163–175.

Peacock, A. C. S. “Islamisation in the Golden Horde and Anatolia: Some Remarks on Travelling Scholars and Texts”. *Revue des mondes musulmans et de la Méditerranée* 143 (2018), 151–164. https://doi.org/10.4000/remmm.10907.

Tosun, Cemal. *Din Eğitimi Bilimine Giriş*. 9. Basım. Ankara: Pegem Akademi, 2017.

Uludağ, Süleyman. “Bâharzî, Seyfeddin”. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. 4/474–475. İstanbul: TDV Yayınları, 1991.

Yılmaz, Hüseyin. *Din Eğitimi ve Sosyal Barış*. İstanbul: DEM Yayınları, 2019.

Yılmaz, Hüseyin. “Hz. Peygamber’in Eğitiminde Bir İlke Olarak Hoşgörü”. *Cumhuriyet Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi* 8/1 (2004), 109–132.

Yılmaz, Hüseyin. “Yaygın Din Eğitimi Kurumları ve Toplumsal Barış”. *Cumhuriyet Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi* 5/2 (2001), 329–356.

Yuvalı, Abdülkadir. “Gāzân Han”. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. 13/429–431. İstanbul: TDV Yayınları, 1996.

TÜRKÇE ÖĞRETMEN ADAYLARININ EĞİTİMDE YAPAY ZEKÂ KULLANIMINA YÖNELİK GÖRÜŞLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Hasan BAĞCI
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Türkçe Eğitimi ABD. Öğretim üyesi. 15000 Burdur. hbagci@mehmetakif.edu.tr
Orcid no: 0000-0001-8624-8274
Okan KABADAYI
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi ABD, Türkçe Eğitimi Tezli Yüksek Lisans Programı Öğrencisi. 15000 Burdur. 2510442013@ogr.mehmetakif.edu.tr
Orcid no: 0009-0009-0715-3054

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, Türkçe öğretmen adaylarının eğitim-öğretim süreçlerinde yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin kullanımına yönelik önem ve zorluk algılarını, branş özelindeki entegrasyon eğilimlerini ve karşılaşılabilecek olası sistemsel engellere dair görüşlerini incelemektedir. Mevcut durumu olduğu gibi ortaya koymayı hedefleyen bu çalışmada, nicel araştırma yöntemlerinden tarama modeli uygulanmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu, bir devlet üniversitesindeki Eğitim Fakültesi Türkçe Öğretmenliği programında öğrenim gören ve çalışmaya gönüllü olarak katılan 107 Türkçe öğretmen adayı oluşturmaktadır.

Araştırmada veri toplama aracı olarak; orijinali Wardat ve diğerleri (2024) tarafından geliştirilen ve Yeşildal (2026) tarafından Türkçeye uyarlanan 5'li Likert tipi "Eğitimde Yapay Zekâ Kullanımı Değerlendirme Ölçeği" kullanılmıştır. Ölçek; öğretmen adaylarının dijital dönüt, kişiselleştirilmiş öğrenme ve motivasyonel boyutlar gibi eğitsel değer atfetme durumlarını ölçen 15 maddelik "Önem Algısı" ile güvenilirlik, rol kaybı ve teknik destek eksikliği gibi risk faktörlerini ele alan 9 maddelik "Zorluk Algısı" olmak üzere iki alt boyuttan (toplam 24 madde) oluşmaktadır. Elde edilen veriler frekans ve yüzdeye tabi tutularak çözümlenmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, Türkçe öğretmen adaylarının %75,64'lük bir oranla yapay zekâ teknolojilerinin eğitsel değerine yönelik yüksek bir önem algısına sahip oldukları tespit edilmiştir. Katılımcılar yapay zekâyı, Türkçe öğretiminin geleneksel yapılarını kıracak ve dört temel dil becerisini destekleyecek pratik bir pedagojik enstrüman olarak konumlandırmaktadır. Öte yandan adaylar, %53,48 oranında güçlü bir zorluk ve risk farkındalığı sergilemişlerdir. Öğrencilerin yaşayabileceği kullanım güçlükleri (%85,98), uzman desteği eksikliği (%65,42) ve makro düzeydeki kurumsal politika yetersizliği (%83,18) en somut kaygı alanları olarak belirlenmiştirr. Araştırmanın en dikkat çekici bulgularından biri ise, adayların %77,57'sinin bu teknolojilere yönelik formal/akademik bir eğitim almadıklarını beyan etmeleridir. Elde edilen

sonuçlar, geleceğin Türkçe öğretmenlerinin yapay zekâya karşı "yüksek eğitsel değer atfetme" ile "temkinli teknik şüphecilik" arasında dengeli bir algı çizgisine sahip olduklarını ve acil bir dijital pedagoji eğitimine ihtiyaç duyduklarını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Türkçe Eğitimi, Önem Algısı, Zorluk Algısı.

EVALUATION OF TURKISH LANGUAGE TEACHER CANDIDATES' VIEWS ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION

Abstract

This study aims to examine Turkish language teacher candidates' perceptions regarding the importance and challenges of using artificial intelligence (AI) technologies in educational processes, their tendencies toward subject-specific integration, and their views on potential systemic obstacles. A survey design—a quantitative research method—was employed in this study, which seeks to reveal the current situation as it stands. The study group consists of 107 Turkish language teacher candidates enrolled in the Turkish Language Teaching program at a state university's Faculty of Education who voluntarily participated in the research.

The data collection tool used in the study was the 5-point Likert-type "Scale for Evaluating the Use of Artificial Intelligence in Education," originally developed by Wardat et al. (2024) and adapted into Turkish by Yeşildal (2026). The scale comprises two sub-dimensions (totaling 24 items): the "Perception of Importance" (15 items), which measures the educational value teacher candidates attribute to aspects such as digital feedback, personalized learning, and motivation; and the "Perception of Difficulty" (9 items), which addresses risk factors such as reliability, loss of role, and a lack of technical support. The data obtained were analyzed using frequency and percentage calculations.

The analysis results indicate that 75.64% of prospective Turkish language teachers perceive artificial intelligence technologies as having high educational value. Participants view AI as a practical pedagogical tool capable of disrupting the traditional structures of Turkish language instruction while supporting the four fundamental language skills. Conversely, 53.48% of the candidates demonstrated a strong awareness of the associated challenges and risks. Key areas of concern identified include potential usage difficulties for students (85.98%), a lack of expert support (65.42%), and inadequate institutional policies at the macro level (83.18%). One of the study's most notable findings is that 77.57% of the candidates reported having received no formal or academic training regarding these technologies. The results suggest that future Turkish language teachers maintain a balanced perspective—weighing the high educational value of AI against a degree of cautious technical skepticism—and that there is an urgent need for training in digital pedagogy.

Keywords: Artificial Intelligence, Turkish Language Education, Perception of Importance, Perception of Difficulty.

BÖLÜM I: GİRİŞ

Dijital teknolojilerde son yıllarda yaşanan olağanüstü ivmelenme, eğitim paradigmalarını yapısal bir dönüşüme zorlamakta ve öğretim süreçlerinde yapay zekâ (YZ) tabanlı uygulamaların entegrasyonunu stratejik bir konuma taşımaktadır. Öğrenme analitiği, adaptif öğretim tasarımları, otonom geri bildirim mekanizmaları ve üretken dil modelleri gibi alanlarda operasyonel verimlilik sağlayan yapay zekâ teknolojileri; bir yandan eğitimcilerin pedagojik müdahalelerini desteklemekte, diğer yandan öğrenenlerin deneyimlerini çok boyutlu bir zemine taşımaktadır. Bu köklü paradigma değişimi, geleceğin eğitim sistemlerini inşa edecek olan öğretmen adaylarının teknolojik adaptasyonlarını, farkındalık düzeylerini ve kullanım eğilimlerini ampirik bir temelde incelemeyi zorunlu kılmaktadır. Nitekim güncel literatür, yapay zekâ araçlarının eğitim ekosistemine başarılı entegrasyonunda uygulayıcı tutumlarının ve öğretmen algılarının birincil belirleyici olduğunu doğrulamaktadır.

Dil, bir toplumun düşünce dünyasını, estetik algısını ve tarihsel birikimini taşıyan en temel kod sistemi olduğundan, Türkçe öğretimi süreci de doğası gereği metin odaklı, dinamik ve etkileşimli bir yapıda yürütülmek zorundadır. Klasik Türkçe sınıflarında zaman zaman monotonlaşabilen metin işleme, okuma, yazma, konuşma ve dinleme pratikleri, üretken yapay zekânın sunduğu dilsel ve işitsel üretim gücüyle dönüştürülebilmektedir. Yapay zekâ; öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına göre anında farklılaştırılmış içerik sunabilmekte, soyut dil ve anlam yapılarını görselleştirebilmekte ve zaman-mekân sınırlarını ortadan kaldırarak esnek bir asistan rolü üstlenebilmektedir.

Ancak bir eğitim sisteminde teknolojik altyapı ne kadar kusursuz tasarlanırsa tasarsın, öğretim programlarının revizyonu ve dijital pedagoji yetkinliklerinin geliştirilmesi, büyük ölçüde öğretmenlerin bu teknolojilere yönelik algısal çıktılarına bağlıdır. Bu bağlamda, Türkiye örneklemi incelendiğinde, öğretmen ve öğretmen adaylarının yapay zekâ kullanımına yönelik perspektiflerini çok boyutlu bir şekilde değerlendirebilecek, psikometrik nitelikleri test edilmiş özgün ölçme araçlarına duyulan ihtiyaç barizdir. Alanyazındaki mevcut enstrümanların genel teknoloji tutumlarıyla sınırlı kalması veya yapay zekânın spesifik eğitsel/pedagojik boyutlarını kapsamaması, metodolojik bir boşluğa işaret etmektedir. Uluslararası literatürde yer alan ölçeklerin Türkiye bağlamına aktarılması ise yalnızca dilsel bir çeviriyi değil, sistematik bir kültürel uyarlama sürecini gerektirmektedir.

Sosyo-kültürel yapı, teknolojik altyapı ve öğretmen yetiştirme politikalarındaki farklılıklar nedeniyle, ölçek maddelerinin yeniden yapılandırılması ve psikometrik özelliklerinin ulusal örneklemde sınanması bilimsel bir zorunluluktur. Bu doğrultuda Yeşildal (2026), uluslararası alanyazında Wardat ve diğerleri (2024) tarafından geliştirilen yapıyı Türk eğitim sistemine entegre ederek "Eğitimde Yapay Zekâ Kullanımı Değerlendirme Ölçeği"nin uyarlamasını gerçekleştirmiş ve matematik öğretmen adayları perspektifinden geçerli-güvenilir kanıtlar sunmuştur. Bu seminer çalışması ise Yeşildal (2026) tarafından psikometrik nitelikleri tescil edilen bu ölçme aracından yola çıkarak, geleceğin Türkçe sınıflarını yönetecek olan Türkçe öğretmeni adaylarının yapay zekâ teknolojilerine yönelik "Önem" ve "Zorluk" algılarını ampirik verilerle saptamayı hedeflemektedir.

1.1. Problem Durumu

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Türkçe Öğretmenliği programında öğrenim gören öğretmen adaylarının eğitimde yapay zekâ kullanımına yönelik önem ve zorluk algıları ile bu teknolojilerin branş özelindeki işlevselliğine dair görüşleri nelerdir?

1.1.1. Alt Problemler

1) Türkçe öğretmen adaylarının yapay zekânın eğitsel değerine, motivasyona, kişiselleştirilmiş öğrenme gibi Türkçe eğitimine katkısına yönelik "Önem Algıları" ne düzeydedir?

2) Türkçe öğretmen adaylarının yapay zekânın güvenilirliği, rol kaybı riski, hazırlık yükü ve teknik destek eksikliği gibi yapısal unsurlara yönelik "Zorluk Algıları" ve risk farkındalıkları ne düzeydedir?

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı; Türkçe öğretmeni adaylarının eğitim-öğretim süreçlerinde yapay zekâ uygulamalarının kullanımına yönelik önem ve zorluk algılarını detaylı bir biçimde ortaya koymaktır. Çalışma kapsamında adayların yapay zekâyı mesleki pratiklerine entegre etme niyetleri, dijital okuryazarlık düzeylerinden kaynaklanan öz-güvenleri ve eğitim sisteminin mevcut bürokratik/altyapısal engellerine dair geliştirdikleri eleştirel bakış açılarının belirlenmesi hedeflenmektedir.

1.2. Araştırmanın Önemi

Eğitimde yapay zekâ (YZ) uygulamalarının ivme kazandığı mevcut konjonktürde, öğretmen ve öğretmen adaylarının bu teknolojilere ilişkin algılarının ampirik verilerle saptanması hem öğretim süreçlerinin optimizasyonu hem de öğretmen yetiştirme müfredatlarının güncellenmesi açısından stratejik bir gereklilik arz etmektedir. Türkiye

örnekleminde, YZ teknolojilerinin eğitsel boyutlarını branş özelinde değerlendiren ampirik çalışmaların sınırlılığı alan yazında önemli bir boşluk yaratmaktadır. Dil eğitimi; bir toplumun düşünce dünyasını, estetik algısını ve kültürel mirasını taşıyan dinamik ve metin odaklı bir süreç olduğundan, geleceğin Türkçe öğretmenlerinin bu teknolojiyi sınıflara nasıl yansıtacaklarını ve dört temel dil becerisinin desteklenmesinde nasıl konumlandıracaklarını şimdiden öngörmek kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda çalışma, literatürde geçerliği ve güvenilirliği tescil edilmiş bir ölçme aracını kullanarak geleceğin Türkçe sınıflarını yönetecek adayların perspektiflerini "Önem" ve "Zorluk" algıları üzerinden çok boyutlu bir şekilde ortaya koymakta; böylece hem kuramsal hem de branş özelinde özgün bir katkı sunmaktadır.

1.3. Tanımlar

Yapay Zekâ (YZ): İnsan benzeri bilişsel işlevleri yerine getirebilen, büyük veri setlerini işleyerek metinsel, görsel veya işitsel özgün çıktılar üretebilen ve veri tabanlı geri bildirim sunan algoritmik sistemlerdir.

Önem Algısı: Bireyin, yapay zekâ teknolojilerinin eğitimde motivasyonu artırma, kişiselleştirilmiş öğrenme modelleri sunma, yöntemleri çeşitlendirme ve akademik başarıyı destekleme gücüne atfettiği eğitsel değer ve olumlu inanç düzeyidir.

Zorluk Algısı: Yapay zekânın eğitime entegrasyonu sürecinde karşılaşılabilecek bilgi güvensizliği (halüsinasyon), öğretmenin rol kaybı kaygısı, hazırlık yükü artışı, uzman desteği eksikliği ve öğrenciler arası dijital uçurum gibi teknik, pedagojik ve sistemsel risklere dair farkındalık düzeyidir.

1.4. Sınırlılıklar

Bu araştırma; 2025-2026 eğitim-öğretim yılında Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Türkçe Öğretmenliği programının 2., 3. ve 4. sınıflarında öğrenim gören öğretmen adayları, bu adayların ankete verdikleri öz-bildirime dayalı görüşleri ve araştırmada kullanılan 24 maddelik önem ve zorluk algısı ölçeği ile sınırlıdır.

BÖLÜM II:

2.1. Eğitimde Yapay Zekâ Entegrasyonunun Teorik Çerçevesi

Yapay zekânın eğitim süreçlerindeki rolü; sosyoloji, bilişsel psikoloji, bilgisayar bilimleri ve çağdaş eğitim paradigmalarının kesişim noktasında yer alan çok boyutlu bir çalışma sahasıdır. Geleneksel davranışçı eğitim yaklaşımları öğrenciyi tek tipleştiren sabit müfredat şablonları sunarken, modern yapılandırmacı ve bağlantıcı öğrenme teorileri insanı dijital ağların, dinamik bilgi kaynaklarının ve akıllı sistemlerin merkezinde konumlandırmaktadır. Bağlantıcılık kuramına göre öğrenme; yalnızca bireyin zihninde

gerçekleşen bir eylem değil, teknolojik araçlar ve yapay zekâ algoritmaları gibi insan dışı düğümler arasında kurulan bilgi ağlarının bir sonucudur.

Yapay zekânın eğitimdeki en güçlü teorik fonksiyonlarından biri, Lev Vygotsky'nin "Yakınsal Gelişim Alanı" kavramını dijital düzlemde gerçeğe dönüştürebilmesidir. Yapay zekâ, her öğrencinin mevcut bilişsel düzeyini, öğrenme hızını ve eksikliklerini anlık veri analitiği ile tespit ederek, öğrencinin tek başına başaramayacağı ancak akıllı bir asistan desteğiyle tırmanabileceği kişiselleştirilmiş öğrenme iskeleleri inşa eder. Bu durum, eğitimde uzun yıllardır teoride kalan "farklılaştırılmış öğretim tasarımı" idealinin mikro saniyeler düzeyinde sınıflara yansımasını sağlamaktadır.

2.2. Dünyada ve Türkiye'de Eğitimde Yapay Zekâ Çalışmaları

Tarihsel süreç incelendiğinde, eğitim sistemlerinin teknolojik araçlarla imtihanı radyodan televizyona, bilgisayardan akıllı tahtalara kadar sürekli bir evrim geçirmiştir. Ancak 2020'li yıllarda üretken yapay zekâ modellerinin (büyük dil modelleri- LLM) sahneye çıkması, dünya genelindeki eğitim politikalarında adeta bir tsunami etkisi yaratmıştır. UNESCO ve Avrupa Konseyi gibi uluslararası kuruluşlar, yapay zekânın eğitimde çoğulculuk, insan hakları, barış ve dijital etik çerçevesinde yapılandırılması gerektiğini savunarak küresel rehberler yayınlamışlardır. Amerika Birleşik Devletleri ve bazı Avrupa ülkelerinde yapay zekâ, okullarda bireysel başarıyı destekleyen akıllı hoca sistemleri olarak müfredatlara sarmal bir şekilde entegre edilmiştir.

Türkiye'de ise eğitimde dijitalleşme hamleleri köklü bir geçmişe sahiptir. 2010'lu yıllarda yürütülen FATİH projesi ile okulların donanımsal ve internet altyapısı güçlendirilmiş, EBA (Eğitim Bilişim Ağı) platformu ile dijital içerik havuzları oluşturulmuştur. 2020'li yıllara gelindiğinde Millî Eğitim Bakanlığı (MEB), öğretim programlarında sarmal bir yaklaşımla dijital yetkinlikleri ve teknoloji okuryazarlığını ortak beceriler olarak tanımlamıştır. Güncel vizyon belgelerinde yapay zekânın Türkçe ve diğer branş derslerinde bir "pedagojik kaldıraç" olarak kullanılması, bilgi ve beceri bütünleşmesini sağlamış yetkin bireyler yetiştirilmesi nihai hedef olarak ortaya konmuştur. Ancak makro düzeydeki bu kurumsal politikalara rağmen, okullarda resmi hizmet içi eğitimlerin ve bakanlık düzeyindeki farkındalık projelerinin eksikliği alan uzmanları tarafından ciddi bir sistem zafiyeti olarak eleştirilmektedir.

2.3. Türkçe Öğretiminde Yapay Zekânın Rolü ve İşlevselliği

Dil eğitimi, doğası gereği mekanik bir araç kullanımı değil; bir milletin kültürel genetiğini, düşünce dünyasını ve estetik algısını içselleştirme sürecidir. Bu bağlamda Türkçe

dersleri (okuma, yazma, konuşma, dinleme) yapay zekâ teknolojilerinin en dinamik uygulanabileceği pedagojik habituslardır.

Yapay zekânın Türkçe öğretimindeki rolü ve işlevselliği şu alanlarda somutlaşmaktadır:

Dört Temel Dil Becerisinin Desteklenmesi: Yapay zekâ araçları, Türkçe öğretmen adayları için özgün dinleme materyalleri hazırlayabilmekte, konuşma becerisini geliştirmek için etkileşimli diyalog simülasyonları sunabilmekte ve yaratıcı yazma çalışmalarında öğrencilere fikir üreten, hikâye tamamlayan birer koçluk yapabilmektedir.

Metin Odaklı Yaklaşım ve Analiz: Edebi ve bilgilendirici metinlerin satır aralarında gizlenmiş anlamların, dilsel işlevlerin ve kök değerlerin deşifre edilmesinde yapay zekâ üst düzey metin analizi çıktısı sağlayabilmektedir. Öğretmen adayları karmaşık metin çözümlemelerini yapay zekâ ile şematize edebilmektedir.

Dil Bilgisi Yapılarının Görselleştirilmesi: Türkçe öğretiminin en büyük açmazlarından biri olan ve öğrencilerin ezberlemekte zorlandığı soyut dil bilgisi kuralları (cümle ögeleri, fiilimsiler, sözcük türleri vb.), yapay zekânın görsel ve şematik üretim gücüyle somut temsillere dönüştürülerek kalıcı öğrenmeye hizmet etmektedir.

Dijital Materyal Dönüşümü: Öğretmen adayları soyut MEB müfredat kazanımlarını ve düz metinleri yapay zekâ yoluyla etkileşimli dijital materyallere, eğitsel oyun senaryolarına ve Z kuşağının ilgisini çekecek dinamik içeriklere dönüştürebilmektedir.

2.4. Türkçe Öğretiminde Teknolojik Entegrasyon Alan yazın İncelemesi

Günümüz eğitim paradigmaları, dijitalleşme süreçleriyle birlikte kabuk değiştirmekte; bilgi ve iletişim teknolojileri ile yapay zekâ (YZ) tabanlı uygulamalar eğitim sistemlerinin merkezine yerleşmektedir. Dil eğitimi, doğası gereği etkileşime, bireyselleştirilmiş dönütlere ve çok yönlü pratiklere dayanan bir alan olduğundan teknolojik entegrasyondan en çok etkilenen disiplinlerin başında gelmektedir. Türkçe öğretimi; okuma, yazma, konuşma ve dinleme olmak üzere dört temel dil becerisinin geliştirilmesini hedeflerken, klasik sınıf ortamlarında zaman zaman tekdüzeleşebilen bu süreçler dijital araçlar ve yapay zekâ asistanlarıyla zenginleştirilebilmektedir. Ancak teknolojinin sınıflara etkili bir şekilde yansıtılabilmesi, bu sistemleri uygulayacak olan öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının dijital yeterliliklerine, teknolojiye yönelik önem ve zorluk algılarına ve hazır bulunuşluk düzeylerine doğrudan bağlıdır.

Alanyazın bu bağlamda incelendiğinde, Türkçe eğitimi ve öğretmen yetiştirme süreçlerinde teknolojik entegrasyonun öğretmen adaylarının dijital yeterlikleri ve hazırbulunuşluk düzeyleri üzerinden ele alındığı görülmektedir. Hacer Koç (2024) tarafından

yapılan meta-sentez çalışmasında, yapay zekânın eğitimdeki genel etkileri incelenmiş ve paydaşların olumlu tutum sergilediği ancak teknolojik altyapı ve kurumsal destek eksikliği nedeniyle sürecin yavaş işlediği vurgulanmıştır. Bu durumu destekler nitelikte Anıl Doğukan Sarıalai (2025), öğretmen adaylarının eğitimde yapay zekâ kullanımına yönelik hazır bulunuşluk düzeylerinin orta düzeyde olduğunu tespit etmiş ve bu sonucun adayların teknolojiye ilgi duyduğunu ancak pedagojik entegrasyon konusunda hâlâ desteğe ihtiyaç duyduğunu gösterdiğini belirtmiştir. Benzer şekilde Burçin Özkan Kanat (2023), Türkçe öğretmen adaylarının dijital yeterliliklerini incelediği çalışmasında, adayların veri okuryazarlığı ve iletişim boyutunda kendilerini yeterli gördüklerini, ancak dijital içerik geliştirme konusunda kendilerini yetersiz hissettiklerini ortaya koymuştur.

Öğretmen adaylarının yapay zekâya yönelik önem ve zorluk algıları da alanyazında ampirik olarak incelenen bir diğer kritik boyuttur. Uygar Solak (2026), Türkçe öğretmen adaylarının dil öğretiminde yapay zekâ kullanımına yönelik görüşlerini incelemiş ve adayların %80 oranında yapay zekânın eğitimde kullanılmasını desteklediğini, bu araçların pratik yapma imkânı, kişiselleştirilmiş eğitim ve zaman/mekân esnekliği sunduğunu saptamıştır. Buna karşın adaylar, insan etkileşimi eksikliği, zihinsel tembellik, yanlış bilgi ve teknoloji bağımlılığı gibi kaygıları da dile getirmişlerdir.

Alan yazındaki bu bulguları ışığında, Türkçe öğretiminde teknolojik ve yapay zekâ entegrasyonu öğrencilerin dil öğrenme hızlarını, eksikliklerini ve bilişsel stillerini analiz ederek her öğrenciye özel öğrenme yolları çizen kişiselleştirilmiş öğrenme ve adaptif süreçler sunmaktadır. Sohbet robotları ve ses tanıma sistemleri yabancı dil veya anadil olarak Türkçe öğrenenlere düşük kaygılı bir pratik alanı sunarken, üretken yapay zekâ modelleri metin analizi, kelime dağarcığı geliştirme ve yaratıcı yazma süreçlerinde koçluk yapmaktadır. Ayrıca Türkçe öğretiminde öğrencilerin anlamakta en çok zorlandığı soyut yapılar, yapay zekâ destekli görsel ve şematik araçlarla somutlaştırılarak kalıcı öğrenmeye dönüştürülebilmektedir. Sonuç olarak alanyazın; Türkçe öğretmen adaylarının dijital teknolojilere ve yapay zekâya karşı olumlu bir önem algısına sahip olduğunu, ancak bu araçların sınıflara güvenli ve etkili bir şekilde entegre edilebilmesi için lisans düzeyinde formal eğitimlere, uygulamalı atölyelere ve kurumsal politika desteklerine acilen ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır.

BÖLÜM III: YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

Bu araştırmada, Türkçe öğretmen adaylarının eğitimde yapay zekâ kullanımına yönelik önem ve zorluk algılarını belirlemek amacıyla nicel araştırma yöntemlerinden tarama

(survey) modeli benimsenmiştir. Tarama modeli, "geçmişte ya da halen var olan bir durumu, olay veya bireyi kendi koşulları içerisinde olduğu şekliyle betimlemeyi amaçlayan tarafsız bir araştırma yaklaşımıdır" (Karasar, 2020, s. 77).

3.2. Evren ve Örneklem (Çalışma Grubu)

Araştırmanın evrenini, 2025-2026 eğitim-öğretim yılında Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Türkçe Öğretmenliği programında öğrenim gören öğrenciler oluşturmaktadır. Anketi eksiksiz ve gönüllü olarak dolduran toplam 107 öğretmen adayı oluşturmaktadır.

3.3. Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak, katılımcıların kişisel bilgilerini içeren demografik formun yanı sıra uluslararası alanyazında Wardat, Tashtoush, AlAli ve Saleh (2024) tarafından geliştirilen ve Türk eğitim sistemine uyarlaması Yeşildal (2026) tarafından gerçekleştirilen "Eğitimde Yapay Zekâ Kullanımı Değerlendirme Ölçeği" kullanılmıştır.

Araştırmada veri toplama aracı olarak iki bölümlü bir anket formu uygulanmıştır.

Birinci Bölüm (Kişisel Bilgi Formu): Katılımcıların cinsiyet, sınıf düzeyi, günlük internet kullanım süresi, yapay zekâ araçlarını kullanım sıklığı, kullanım amaçları ve bu konuda daha önce akademik eğitim alma durumlarını belirleyen demografik sorulardan oluşmaktadır.

İkinci Bölüm (Yapay Zekâ Algı Ölçeği): Öğretmen adaylarının yapay zekânın eğitsel değerine yönelik görüşlerini ölçen 15 maddelik "Önem Algısı" alt boyutu ile karşılaşılabilecek riskleri ele alan 9 maddelik "Zorluk Algısı" alt boyutundan oluşmaktadır. Ölçek 5'li Likert tipinde ("Kesinlikle Katılıyorum", "Katılıyorum", "Kararsızım", "Katılmıyorum", "Kesinlikle Katılmıyorum") yapılandırılmıştır.

3.4. Veri Toplama Süreci ve Analizi

Veriler, 2026 yılının bahar döneminde öğretmen adaylarına yüz yüze veri toplama yöntemi uygulanarak toplanmıştır. Katılımcıların samimi yanıtlar verebilmesi için ankete isim yazdırılmamıştır. Toplanan veriler frekans ({f}) ve yüzde ({%}) dağılımları hesaplanarak analiz edilmiş ve tablolar halinde yorumlanmıştır.

BÖLÜM IV: BULGULAR VE YORUM

4.1. Türkçe Öğretmen Adaylarının Demografik Özelliklerine İlişkin Bulgular

Tablo 1. Cinsiyet Dağılımı

Cinsiyet	f	%
Kadın	77	71,96
Erkek	30	28,04
Toplam	**107**	**100,00**

Tablo 1 incelendiğinde katılımcıların cinsiyet değişkenine göre dağılımını çoğunluğunun kadın öğrencilerden oluştuğu görülmektedir; nitekim araştırmaya katılan öğretmen adaylarının 77'si (%71,96) kadın iken, yalnızca 30'u (%28,04} erkektir. Türkiye'deki Türkçe öğretmenliği ve sözel ağırlıklı öğretmenlik programlarında genel olarak kadın öğrenci yoğun olması, bu verilere de doğrudan yansımıştır; bu durum, elde edilen bulguların ve yapay zekâya yönelik geliştirilen pedagojik tutumların büyük oranda kadın öğretmen adaylarının bakış açısını, önceliklerini ve teknoloji algısını yansıttığını göstermektedir.

Tablo 2. Sınıf Düzeyi Dağılımı

Sınıf Düzeyi	f	%
2. Sınıf	35	32,71
3. Sınıf	35	32,71
4. Sınıf	37	34,58
Toplam	**107**	**100,00**

Tablo 2 incelendiğinde araştırmaya katılan öğretmen adaylarının lisans eğitimindeki sınıf düzeyleri son derece dengeli, homojen bir dağılım sergilemektedir. Elde edilen verilere göre 35'i (%32,71) 2. sınıf, 35'i (%32,71) 3. sınıf ve mezuniyet aşamasına gelmiş, mesleğe atılmaya en yakın grup olan 4. sınıftaki 37 (%34,58) öğrenciden oluşmaktadır. Lisans eğitiminin farklı evrelerini temsil eden bu üç grubun birbirine neredeyse eşit oranda katılım sağlaması, yapay zekâ algısının ve farkındalığının sadece başlangıç düzeyindeki öğrencilerde değil, akademik eğitimini tamamlamak üzere olan öğretmen adaylarında da nasıl evrildiğini tarafsız bir şekilde analiz etmeye imkân tanımaktadır.

Tablo 3. Günlük İnternet Kullanım Süresi

Kullanım Süresi	f	%
1 saatten az	1	0,93
1-3 saat	27	25,23
4-6 saat	54	50,47
7 saat ve üzeri	25	23,36
Toplam	**107**	**100,00**

Tablo 3 incelendiğinde öğretmen adaylarının günlük internet kullanım, dijital ortamlarda geçirilen zamanın incelendiğinde oldukça yüksek ve yoğun olduğu göze çarpmaktadır. Katılımcılardan sadece 1 kişi (%0,93) günde 1 saatten az internet kullandığını belirtirken, 27 kişi (%25,23) 1-3 saat, 54 kişi (%50,47) 4-6 saat ve 25 kişi (%23,36) ise günde 7 saat ve üzeri internet kullanmaktadır. Öğretmen adaylarının bütününe bakıldığında %73,83'lük bir kesimin internette günde en az 4 saat ve üzerinde aktif vakit geçirmesi, bu öğretmen adaylarının geleneksel bilgi kaynaklarından ziyade dijital bilgi kaynaklarına bütünüyle entegre bir yaşam sürdüklerini ve teknolojik gelişmelere maruz kalma oranlarının en üst seviyede olduğunu kanıtlamaktadır.

Tablo 4. Yapay Zekâ Kullanım Sıklığı

Kullanım Sıklığı	f	%
Hiç kullanmadım	0	0,00
Nadiren	10	9,35
Ara sıra	18	16,82
Sık sık	50	46,73
Her gün	29	27,10
Toplam	**107**	**100,00**

Tablo 4 incelendiğinde katılımcıların ChatGPT, Gemini, Copilot gibi üretken yapay zekâ araçlarını günlük ve akademik hayatlarına dahil etme sıklıkları analiz edildiğinde, bu teknolojilerin adaylar arasında bir lüks olmaktan çıkıp kalıcı bir alışkanlığa dönüştüğü görülmektedir. Öğretmen adaylarının genelinde yapay zekâyı "Hiç kullanmadım" seçeneğini

işaretleyen tek bir katılımcının dahi bulunmaması (%0,00), bu araçların evrenselliğini gösterirken; 10 kişi (%9.35) nadiren, 18 kişi (%16,82) ara sıra, 50 kişi (%46,73) sık sık ve 29 kişi (%16,82) ise her gün bu araçları deneyimlemektedir. Katılımcıların %73,83'ünün yapay zekâyı haftada en az birkaç kez veya her gün aktif olarak kullanması, bu teknolojinin öğretmen adaylarının zihninde yabancı bir unsur olmadığını, aksine günlük problem çözme ve içerik üretme pratiklerinde birincil başvuru kaynağı haline geldiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 5. Yapay Zekâ Kullanım Amaçları

Kullanım Amacı	f	%
Ödev, sunum veya materyal hazırlama	88	82,24
Kişisel merak ve eğlence	70	65,42
Dil bilgisi kontrolü / metin düzenleme	46	42,99
Yaratıcı yazım ve fikir üretme	30	28,04
Dil öğrenimi veya çeviri	24	22,43

Tablo 5 incelendiğinde öğretmen adaylarının yapay zekâ teknolojilerini hangi amaçlarla hayatlarına dahil ettiklerine yönelik yapılan çoklu seçim analizi, araçların pedagojik derinlikten ziyade işlevsel ve operasyonel kolaylıklar adına tercih edildiğini netleştirmektedir. Katılımcıların verdikleri yanıtlara göre en yüksek frekans 88 kişi (%82,24) ile "ödev, sunum veya materyal hazırlama" olurken, bunu sırasıyla 70 kişi (%65,42) ile "kişisel merak ve eğlence", 46 kişi (%82,24) ile "dil bilgisi kontrolü veya metin düzenleme", 30 kişi (%28,04) ile "yaratıcı yazım ve fikir üretme" ve son olarak 24 kişi (%22,43) ile "dil öğrenimi veya çeviri" takip etmektedir. Geleceğin Türkçe öğretmenleri olacak bu grubun, yapay zekâyı kendi mesleki alanlarının özü olan "dil bilgisi kontrolü" ya da "yaratıcı yazım" gibi alanlardan ziyade, genel akademik görevleri (ödev yükünü) hafifletmek ve eğlenmek amacıyla istihdam etmesi, adayların bu araçları henüz derinlemesine birer uzmanlık enstrümanı olarak konumlandıramadıklarını göstermektedir.

Tablo 6. Yapay Zekâ Eğitimi Alma Durumu

Eğitim Alma Durumu	f	%
Evet	24	22,43
Hayır	83	77,57
Toplam	**107**	**100,00**

Tablo 6 incelendiğinde öğretmen adaylarının yapay zekâ teknolojilerine yönelik kurumsal ve akademik altyapılarının yüksek kullanım pratiklerine tezat oluşturan ciddi bir kurumsal eğitim açığıyla karşılaşılmaktadır. Katılımcıların yalnızca 24'ü (%22,43) bu konuda akademik bir eğitim veya seminer aldığını beyan ederken, geri kalan 83 kişi (%77,57) herhangi bir formal eğitim almadığını açıkça belirtmiştir. Bir önceki maddelerde görülen yüksek kullanım sıklığı ve öz-yeterlilik algısı bu veriyle birleştirildiğinde, Türkçe öğretmeni adaylarının yapay zekâ araçlarını kurumsal mekanizmaların rehberliğinde planlı bir şekilde değil, tamamen kendi çabalarıyla, deneme-yanılma yoluyla ve öz-öğrenim (alaylı) stratejileriyle keşfedip deneyimledikleri net bir biçimde anlaşılmaktadır.

4.2. Türkçe Öğretmen Adaylarının Yapay Zekâ Entegrasyonuna Yönelik "Önem Algısı" Boyutu Bulguları

Maddele	Kesinlikle Katılıyorum (f / %)	Katılıyorum (f / %)	Kararsızım (f / %)	Katılmıyorum (f / %)	Kesinlikle Katılmıyorum (f / %)	Toplam (f / %)
M1: Yapay zekânın eğitimde kullanılmasını olumlu buluyorum.	44 / %41,12	55 / %51,40	3 / %1,87	2 / %1,87	3 / %2,80	107 / %100,00
M2: Yapay zekânın Türkçe eğitiminde kullanılması dersi daha ilgi çekici hale getirir.	40 / %37,38	48 / %44,86	14 / %13,08	2 / %1,87	3 / %2,80	107 / %100,00
M3: Yapay zekânın derslerde kullanımı öğrencilerin motivasyonunu artırır.	23 / %21,50	55 / %51,40	20 / %18,69	5 / %4,67	4 / %3,74	107 / %100,00

M4: Yapay zekâ öğretim sürecini kolaylaştırır, öğrencilerin akademik başarısını destekler.	38 / %35,51	49 / %45,79	14 / %13,08	3 / %2,80	3 / %2,80	107 / %100,00
M5: Yapay zekâ kullanımı, öğrenciler arasında rekabet ve öğrenme azmini artırabilir.	19 / %17,76	29 / %27,10	38 / %35,51	15 / %14,02	6 / %5,61	107 / %100,00
M6: Yapay zekâ, öğrencilerin ihtiyaçlarına göre kişiselleştirilmiş öğrenme modelleri sunar.	28 / %26,17	55 / %51,40	15 / %14,02	7 / %6,54	2 / %1,87	107 / %100,00
M7: Yapay zekâ, öğretmenlerin öğretim yöntemlerini çeşitlendirmesine katkı sağlar.	41 / %38,32	52 / %48,60	10 / %9,35	3 / %2,80	1: / %0,93	107 / %100,00
M8: Yapay zekâ araçlarını eğitimde etkili bir şekilde kullanabileceğime inanıyorum.	28 / %26,17	54 / %50,47	19 / %17,76	5 / %4,67	1 / %0,93	107 / %100,00
M9: Yapay zekâ uygulamalarını Türkçe eğitimine dahil edebilirim.	39 / %36,45	50 / %46,73	14 / %13,08	2 / %1,87	2 / %1,87	107 / %100,00
M10: Müfredattaki içerikleri yapay zekâ ile dijital materyallere dönüştürebilirim.	28 / %26,17	44 / %41,12	23 / %21,50	10 / %9,35	2 / %1,87	107 / %100,00
M11: Yapay zekâ kullanımı konusunda deneyimi az olan öğrencilere destek sağlarım.	23 / %21,50	54 / %50,47	23 / %21,50	6 / %5,61	1: / %0,93	107 / %100,00
M12: Dersleri, yapay zekâ ile metin analizleri	28 / %26,17	49 / %45,79	21 / %19,63	8 / %7,48	1 / %0,93	107 / %100,00

ve dil bilgisi yapılarını görselleştiren temsillerle özetlerim.						
M13: Yapay zekâ uygulamaları, öğretmenlere öğretim sürecine yönelik geribildirim sağlar.	25 / %23,36	52 / %48,60	26 / %24,30	3 / %2,80	1: / %0,93	107 / %100,00
M14: Yapay zekâ, öğrenciler arasındaki bireysel farklılıkların dikkate alınmasına imkân tanır.	26 / %24,30	45 / %42,06	26 / %24,30	7 / %6,54	3 / %2,80	107 / %100,00
M15: Yapay zekâ uygulamaları, eğitimde zaman ve mekân açısından esneklik sağlar.	44 / %41,12	49 / %45,79	11 / %10,28	1 / %0,93	2 / %1,87	107 / %100,00
GENEL TOPLAM (Frekans Birikimi)	**474**	**740**	**272**	**74**	**35**	**1605**
GENEL ORTALAMA (Yüzde Dağılımı)	**%29,53**	**%46,11**	**%16,95**	**%4,61**	**%2,18**	**%100,00**

M1 (Yapay zekânın eğitimde kullanılmasını olumlu buluyorum): Bu temel maddeye yönelik analiz sonuçları incelendiğinde, katılımcıların yapay zekânın eğitim süreçlerine entegre edilmesine son derece güçlü ve kitlesel bir destek verdiği açıkça görülmektedir. Öğretmen adaylarının yalnızca 3'ü (%2,80) kesinlikle katılmıyorum, 2'si (%1,87) katılmıyorum ve 3'ü (%1,87) kararsızım yönünde görüş bildirirken; 55'i (%51,40) katıldığını ve 44'ü (%41,12) kesinlikle katıldığını belirtmiştir. Toplamda %92,52 gibi ezici bir çoğunluğun olumlu yaklaşım sergilemesi, yeni nesil öğretmen adaylarının eğitimde dijitalleşmeye ve teknolojik kırılmalara karşı hiçbir direnç göstermediklerini, aksine yapay zekâyı modern eğitimin kaçınılmaz ve faydalı bir parçası olarak kabul ettiklerini ortaya koymaktadır.

M2 (Yapay zekânın Türkçe eğitiminde kullanılması dersi daha ilgi çekici hale getirir): Yapay zekânın genel eğitimden ziyade doğrudan Türkçe eğitimi özelindeki etkisini sorgulayan

bu maddede, adayların bu teknolojinin branş derslerinin işleniş dinamiklerine estetik ve motivasyonel bir zenginlik katacağına inandıkları anlaşılmaktadır. Katılımcıların 3'ü (%2,80) kesinlikle katılmıyorum, 2'si (%1,87) katılmıyorum, 14'ü (%13,08) kararsızım şıkkını tercih ederken; 48'i (%44,86) katıldığını ve 40'ı (%37,38) ise kesinlikle katıldığını ifade etmiştir. Toplamda %82,24 oranındaki bu yüksek kabul düzeyi, yapay zekânın Türkçe dersinin doğasında var olan ve zaman zaman monotonlaşabilen klasik metin işleme, okuma ve dil bilgisi kalıplarını kırarak, dersleri Z kuşağı öğrencileri için çok daha çekici, interaktif ve dinamik bir boyuta taşıyabileceğine yönelik güçlü pedagojik inancı yansıtmaktadır.

M3 (Yapay zekânın derslerde kullanımı öğrencilerin motivasyonunu artırır): Katılımcıların yapay zekâ kullanımının öğrenci güdülenmesi üzerindeki etkilerine yönelik görüşleri incelendiğinde, genel olarak pozitif bir algının hâkim olduğu ancak bazı metodolojik çekincelerin de varlığı hissedilmektedir. Ölçek maddesine öğretmen adaylarının 4'ü (%3,74) kesinlikle katılmıyorum, 5'i (%4,67) katılmıyorum, 20'si (%18,69) kararsızım şeklinde yanıt verirken; 55'i (%51,40) katıldığını ve 23'ü (%21.50) kesinlikle katıldığını beyan etmiştir. Olumlu bakanların oranı toplamda %72,90'ı bulsa da "kararsızım" oranının (%18,69) önceki maddelere kıyasla belirgin bir artış göstermesi, adayların yapay zekânın ilk kez karşılaşıldığında yarattığı "yenilik etkisinin") geçmesinden sonra, her öğrenci grubunda uzun vadeli ve kalıcı bir içsel motivasyon yaratıp yaratamayacağı konusunda daha temkinli düşündüklerini göstermektedir.

M4 (Yapay zekâ öğretim sürecini kolaylaştırır, öğrencilerin akademik başarısını destekler): Yapay zekânın akademik başarı ve öğretim süreçlerini kolaylaştırma fonksiyonuna dair toplanan veriler incelendiğinde. Katılımcıların 3'ü (%2,80) kesinlikle katılmıyorum, 3'ü (%2,80) katılmıyorum, 14'ü (%13.08) kararsızım tercihinde bulunurken; 49'u (%45.79) katılıyorum ve 38'i (%35,51) kesinlikle katılıyorum yönünde görüş bildirmiştir. Toplamda %81,30 oranındaki bu yüksek uzlaşı, yapay zekânın bilgiye erişimi mikro saniyelere indirme, karmaşık konuları basitleştirme ve anında dönüt sağlama rolleri sayesinde, öğrencilerin bireysel performansını doğrudan yukarı taşıyacak fonksiyonel bir asistan olarak algılandığını somutlaştırmaktadır.

M5 (Yapay zekâ kullanımı, öğrenciler arasında rekabet ve öğrenme azmini artırabilir): Yapay zekânın öğrenciler arası sosyo-psikolojik süreçlere ve sınıf içi rekabet ortamına etkisine dair maddede, öğretmen adaylarının net bir fikir birliğine varamadıkları ve ciddi düzeyde çekimser kaldıkları görülmektedir. Katılımcıların 6'sı (%5,61) kesinlikle katılmıyorum, 15'i (%14,02) katılmıyorum derken, 38'i (%35,51) kararsız kalmış; buna karşılık 29'u (%27,10)

katılıyorum ve 19'u (%17,76) kesinlikle katılıyorum seçeneklerini tercih etmiştir. "Kararsızım" seçeneğinin %35,51 ile ölçek genelindeki en yüksek frekanslardan birine ulaşması, adayların yapay zekânın bireysel akademik süreçleri kolaylaştırsa bile, iş birlikli öğrenmeyi mi tetikleyeceğini yoksa öğrenciler arasında dijital imkanlara erişim farkından dolayı yıkıcı bir rekabete mi yol açacağını kestirmekte zorlandıklarını ortaya koymaktadır.

M6 (Yapay zekâ, öğrencilerin ihtiyaçlarına göre kişiselleştirilmiş öğrenme modelleri sunar): Yapay zekânın öğretimi bireyselleştirme ve farklılaştırılmış öğretim tasarımı yapabilme potansiyeline yönelik madde analiz edildiğinde, öğretmen adaylarının bu teknolojinin en güçlü yönünü doğru teşhis ettikleri anlaşılmaktadır. Bulgulara göre katılımcıların sadece 2'si (%1,87) kesinlikle katılmıyorum, 7'si (%6,54) katılmıyorum, 15'i (%14,02) kararsızım derken; 55'i (%51,40) katıldığını, 28'i (%51,40) ise kesinlikle katıldığını belirtmiştir. Toplamda %77,57'lik bir kesimin onayını alan bu madde, yapay zekânın her öğrencinin kendi öğrenme hızına, eksikliklerine, ilgi alanlarına ve anlama düzeylerine göre eş zamanlı olarak farklılaştırılmış içerik ve ödev sunabilme kabiliyetinin adaylarca yüksek düzeyde kabul gördüğünü ispatlamaktadır.

M7 (Yapay zekâ, öğretmenlerin öğretim yöntemlerini çeşitlendirmesine katkı sağlar): Yapay zekânın öğretmenlerin pedagojik cephaneliğini ve metodolojik zenginliğini artırma gücüne dair veriler, adayların mesleki gelişim ve sınıf yönetimi açısından bu araçlardan çok büyük beklentileri olduğunu ortaya koymaktadır. Ankete katılanların yalnızca 1'i (%0,93) kesinlikle katılmıyorum, 3'ü (%2,80) katılmıyorum ve 10'u (%9,35) kararsızım yönünde görüş bildirirken; 52'si (%48,60) katılıyorum ve 41'i (%38,32) kesinlikle katılıyorum şıkkını işaretlemiştir. %86,92 gibi oldukça yüksek bir oranda sağlanan bu konsensüs, adayların öğretmenlik rollerinde klasik düz anlatım yöntemlerinin ve tebeşir-tahta sarmalının dışına çıkmak, çağdaş dijital öğretim tasarımları yapmak için yapay zekâyı tükenmez bir materyal, senaryo ve metot kaynağı olarak konumlandırdıklarını ispatlamaktadır.

M8 (Yapay zekâ araçlarını eğitimde etkili bir şekilde kullanabileceğime inanıyorum): Öğretmen adaylarının yapay zekâ kullanımına yönelik öz-yeterlilik algılarını ve mesleki öz-güvenlerini ölçen bu madde, grubun kendilerine olan inancının son derece yüksek olduğunu tescillemektedir. Katılımcıların 1'i (%0,93) kesinlikle katılmıyorum, 5'i (%4,67) katılmıyorum, 19'u (%17,76) kararsızım seçeneğini seçerken; 54'ü (%50,47) katıldığını ve 28'i (%26,17) kesinlikle katıldığını ifade etmiştir. Grubun %76,64'ünün bu araçları etkili şekilde kullanabileceğine inanması, daha önce kurumsal düzeyde akademik bir eğitim almamış olmalarına rağmen (Bkz. Demografik 6), yüksek internet pratikleri ve kendi çabalarıyla

geliştirdikleri dijital okuryazarlık becerileri sayesinde kendilerini bu teknolojik çağın içinde yetkin birer aktör olarak hissettiklerinin açık bir göstergesidir.

M9 (Yapay zekâ uygulamalarını Türkçe eğitimine dahil edebilirim): Alan özelinde pratik uygulama niyetini ve teknoloji entegrasyonu eğilimini ölçen bu maddede, adayların teorideki olumlu algıyı branşlarına aktarma noktasında son derece kararlı oldukları görülmektedir. Yapılan frekans analizine göre katılımcıların 2'si (%1,87) kesinlikle katılmıyorum, 2'si (%1,87) katılmıyorum, 14'ü (%13,08) kararsızım yanıtını verirken; 50'si (%46,73) katıldığını, 39'u (%36,45) ise kesinlikle katıldığını beyan etmiştir. Toplamda %83,18 düzeyinde gerçekleşen bu yüksek oran, geleceğin Türkçe öğretmenlerinin yapay zekâyı sadece genel geçer bir teknolojik oyuncak olarak görmeyip; okuma, yazma, konuşma ve dinleme gibi dört temel dil becerisinin geliştirilmesinde, özgün metin üretiminde ve dinleme materyalleri hazırlanmasında doğrudan işe koşabileceklerini düşündüklerini kanıtlamaktadır.

M10 (Müfredattaki içerikleri yapay zekâ ile dijital materyallere dönüştürebilirim): Katılımcıların soyut müfredat kazanımlarını ve Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) müfredat metinlerini yapay zekâ yoluyla somut dijital materyallere dönüştürebilme becerilerine yönelik algıları incelendiğinde, teknik yeterlilik kaygılarının yavaş yavaş baş gösterdiği gözlenmektedir. Orijinal formda 1 adet boş bırakılan verinin talimatınız gereği "kararsızım" kategorisine dahil edildiği bu maddede, adayların 2'si (%1,87) kesinlikle katılmıyorum, 10'u (%9.35) katılmıyorum, 23'ü (%21.50) kararsızım derken; 44'ü (%41,12) katılıyorum ve 28'i (%41,12) kesinlikle katılıyorum demiştir. Toplam kabulün %67,29'a gerilemesi ve kararsızlığın %21.50'ye tırmanması, düz metin tabanlı (Prompt) kullanımın ötesine geçip yapay zekâ ile etkileşimli oyun, görsel, sunum veya dijital öğretim materyali tasarlama işi daha ileri düzey teknik/tasarımsal beceri gerektirdiği için adayların bu noktada uygulama düzeyinde kendilerinden bir nebze şüphe duyduklarını ortaya koymaktadır.

M11 (Yapay zekâ kullanımı konusunda deneyimi az olan öğrencilere destek sağlarım): Öğretmen adaylarının mesleki adalet, rehberlik ve dijital mentorluk rollerini üstlenme konusundaki motivasyonları bu maddede kendisini açıkça hissettirmektedir. İlgili maddeye katılımcıların sadece 1'i (%0,93) kesinlikle katılmıyorum, 6'sı (%5,61) katılmıyorum ve 23'ü (%21,50) kararsızım şeklinde yaklaşırken; 54'ü (%50,47) katıldığını ve 23'ü (%21,50) kesinlikle katıldığını ifade etmiştir. Katılımcıların %71,97'sinin olumlu görüş bildirmesi, geleceğin öğretmenlerinin sınıflarında yaşanabilecek muhtemel bir "dijital uçurumu" (teknolojiye erişimi olan ve olmayan öğrenciler arasındaki farkı) kapatma noktasında etkin

sorumluluk almaktan kaçınmayacaklarını ve öğrencilerine teknolojik rehberlik yapma bilincine sahip olduklarını simgelemektedir.

M12 (Dersleri, yapay zekâ ile metin analizleri ve dil bilgisi yapılarını görselleştiren temsillerle özetlerim): Türkçe derslerinde soyut ve kuramsal kalan konuların yapay zekânın üretim gücüyle somutlaştırılmasına yönelik maddede, adayların bu yöntemi pedagojik açıdan son derece işlevsel buldukları anlaşılmaktadır. Frekans dağılımlarına göre katılımcıların 1'i (%0,93) kesinlikle katılmıyorum, 8'i (%7,48) katılmıyorum, 21'i (%19,63) kararsızım derken; 49'u (%45,79) katılıyorum ve 28'i (%26,17) kesinlikle katılıyorum şıklarını seçmiştir. Toplamda %71,96 düzeyinde sağlanan bu uzlaşı, öğretmen adaylarının özellikle Türkçe öğretiminin en büyük açmazlarından olan soyut dil bilgisi kurallarını (cümle ögeleri, fiilimsiler vb.) ve karmaşık metin analizlerini, yapay zekânın görsel ve şematik üretim gücüyle destekleyerek kalıcı ve anlamlı öğrenmeyi sağlamayı hedeflediklerini göstermektedir.

M13 (Yapay zekâ uygulamaları, öğretmenlere öğretim sürecine yönelik geribildirim sağlar): Yapay zekânın süreç odaklı (formatif) bir değerlendirme ve öz-yansıtma asistanı olarak kullanılmasına dair maddede, adayların genel olarak olumlu düşünmekle beraber kayda değer bir çekinceye de sahip oldukları görülmektedir. Katılımcıların 1'i (%0,93) kesinlikle katılmıyorum, 3'ü (%0,93) katılmıyorum, 26'sı (%24,30) kararsızım yanıtını vermiş; buna karşılık 52'si (%48,60) katıldığını ve 25'i (%23,36) kesinlikle katıldığını kaydetmiştir. Olumlu bakanların oranı %71,96 olsa da %24,30 gibi yüksek bir kararsızlık payı, adayların bir yapay zekâ algoritmasının sınıf içi insani ve pedagojik karmaşıklığı ne derece nesnel, sağlıklı ve esnek bir geri bildirim süzgecinden geçirebileceği konusunda tam emin olamadıklarını simgelemektedir.

M14 (Yapay zekâ, öğrenciler arasındaki bireysel farklılıkların dikkate alınmasına imkân tanır): Yapay zekânın eğitimde fırsat eşitliği ve bireysel farklılıklara adaptasyon yeteneğine dair görüşler, S6 maddesindeki (kişiselleştirilmiş öğrenme) bulgularla paralel ancak çok daha temkinli ve gerçekçi bir çizgide yer almaktadır. Katılımcıların 3'ü (%2,80) kesinlikle katılmıyorum, 7'si (%6,54) katılmıyorum, 26'sı (%24,30) kararsızım yönünde beyanda bulunurken; 45'i (%42,06) katılıyorum ve 26'sı (%24,30) kesinlikle katılıyorum demiştir. Toplamda %66,36 oranında bir onay çıkmış olmasına karşın, kararsızların %%66,36 seviyesinde seyretmesi, adayların yapay zekânın bu teorik gücünü kalabalık, sosyo-ekonomik açıdan heterojen ve standart müfredat/sınav baskısı uygulayan mevcut devlet okulu sınıflarında gerçeğe dönüştürmenin önündeki sistemsel zorlukları öngörmelerinden kaynaklanmaktadır.

M15 (Yapay zekâ uygulamaları, eğitimde zaman ve mekân açısından esneklik sağlar): Yapay zekânın eğitim süreçlerine getirdiği lojistik, coğrafi ve zamansal özgürlüğe yönelik madde, anket formunun en yüksek düzeyde fikir birliğine varılan, en net sonuçlanan alanlarından biri olmuştur. Veriler incelendiğinde katılımcıların sadece 2'si (%1,87) kesinlikle katılmıyorum, 1'i (%0,93) katılmıyorum ve 11'i (%10,28) kararsızım derken; 49'u (%45,79) katıldığını ve 44'ü (%41,12) kesinlikle katıldığını ifade etmiştir. Toplamda %86,91'lik devasa bir kabul oranına erişilmesi, yapay zekânın 7 gün 24 saat kesintisiz, mekândan bağımsız ve her an erişilebilir bir kişisel hoca/asistan olma niteliğinin, eğitimde duvarları ortadan kaldıran en büyük devrimsel avantaj olarak tescillendiğini göstermektedir.

Öğretmen adaylarının yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin eğitim-öğretim süreçlerindeki değerini, rolünü ve işlevselliğini ortaya koyan "Önem Algısı" boyutuna ait bulgular incelendiğinde, toplam 1605 frekans birikimi üzerinden elde edilen %29,53 "Kesinlikle Katılıyorum" ve %46,11 "Katılıyorum" oranları, katılımcıların %75,64 gibi ezici bir çoğunlukla yüksek bir önem algısına sahip olduğunu göstermektedir. Negatif görüşlerin (Katılmıyorum + Kesinlikle Katılmıyorum) toplamda %6,79 gibi oldukça marjinal bir düzeyde kalması, adayların yapay zekâyı eğitim sürecinin vazgeçilmez bir unsuru olarak gördüklerini tescillemektedir. Katılımcılar özellikle yapay zekânın genel eğitime entegrasyonuna (M1: %92,52), zaman ve mekân esnekliği sağlamasına (M15: %86,91) ve öğretim yöntemlerini çeşitlendirmedeki rolüne (M7: %86,92) en yüksek düzeyde önem atfederken; bu teknolojiyi Türkçe eğitiminde monoton yapıları kıracak ve dört temel dil becerisini destekleyecek pratik bir "pedagojik kaldıraç" (M2: %82,24; M9: %83,18) olarak konumlandırmaktadır. Bununla birlikte adaylar, yapay zekânın bireysel akademik başarıyı destekleme gücünü (M4: %81,30) son derece önemli bulsalar da süreç odaklı değerlendirme (M13: %24,30 kararsızlık), bireysel farklılıklara adaptasyon (M14: %24,30 kararsızlık) ve özellikle öğrenciler arası rekabetin sosyo-psikolojik yönetimi (M5: %35,51 kararsızlık) gibi sınıf içi insani dinamiklerde daha temkinli ve sorgulayıcı bir pedagojik duruş sergilemektedir. Sonuç olarak; araştırmanın bu boyutundan elde edilen veriler, geleceğin Türkçe öğretmenlerinin yapay zekâ teknolojilerine yönelik "yüksek eğitsel değer atfetme, güçlü öz-güven ve eleştirel/pedagojik farkındalık" ile karakterize edilen olgun bir önem algısına sahip olduklarını ve mesleki uygulama noktasında bu vizyonu sınıflarına taşımaya hazır olduklarını ortaya koymaktadır.

4.3. Türkçe Öğretmen Adaylarının Yapay Zekâ Entegrasyonuna Yönelik "Zorluk Algısı" Boyutu Bulguları

Maddeler	Kesinlikle Katılıyorum (f / %)	Katılıyorum (f / %)	Kararsızım (f / %)	Katılmıyorum (f / %)	Kesinlikle Katılmıyorum (f / %)	Toplam (f / %)
M16: Yapay zekâ uygulamalarını güvenilir bulmuyorum.	8 / %7,48	18 / %16,82	41 / %38,32	30 / %28,04	10 / %9,35	107 / %100,00
M17: Yapay zekâ uygulamaları, öğretmenin öğretimdeki rolünü azaltabilir.	8 / %7,48	24 / %22,43	28 / %26,17	31 / %28,97	16 / %14,95	107 / %100,00
M18: Yapay zekâ uygulamalarının kullanımı eğitim maliyetini arttırabilir.	7 / %6,54	17 / %15,89	37 / %34,58	35 / %32,71	11 / %10,28	107 / %100,00
M19: Bazı öğrenciler, yapay zekâ uygulamalarını kullanmakta güçlük yaşayabilir.	28 / %26,17	64 / %59,81	11 / %10,28	3 / %2,80	1 / %0,93	107 / %100,00
M20: Yapay zekâ kullanmak, geleneksel yöntemlere göre daha fazla hazırlık gerektirebilir.	10 / %9,35	32 / %29,91	34 / %31,78	23 / %21,50	8 / %7,48	107 / %100,00
M21: Yapay zekâ araçlarının her öğrenciye uygun olmayabileceğini düşünüyorum.	23 / %21,50	49 / %45,79	22 / %20,56	11 / %10,28	2 / %1,87	107 / %100,00
M22: Yapay zekâ teknolojileri konusunda yeterli uzman	22 / %20,56	48 / %44,86	26 / %24,30	10 / %9,35	1 / %0,93	107 / %100,00

desteğinin bulunmaması öğretim sürecini olumsuz etkiler.						
M23: Öğretmenlerin yoğun sorumlulukları, yapay zekâ uygulamalarını kullanmalarını sınırlayabilir.	18 / %16,82	50 / %46,73	26 / %24,30	11 / %10,28	2 / %1,87	107 / %100,00
M24: Eğitimde yapay zekâ kullanımına yönelik yeterli farkındalık çalışması olmaması bir eksikliktir.	46 / %42,99	43 / %40,19	11 / %10,28	5 / %4,67	2 / %1,87	107 / %100,00
GENEL TOPLAM (Frekans Birikimi)	**170**	**345**	**236**	**159**	**53**	**963**
GENEL ORTALAMA (Yüzde Dağılımı)	**%17,65**	**%35,83**	**%24,51**	**%16,51**	**%5,50**	**%100,00**

M16 (Yapay zekâ uygulamalarını güvenilir bulmuyorum): Ölçekteki olumsuz/ters kodlanmış maddelerden ilki olan yapay zekânın güvenilirlik düzeyine dair analiz sonuçları, öğretmen adaylarının bu teknolojinin ürettiği verilerin ve bilgilerin doğruluğu husus hissettikleri çok ciddi şüpheleri ve akademik kuşkuları ortaya koymaktadır. Katılımcıların 10'u (%9,35) kesinlikle katılmıyorum, 30'u (%28,04) katılmıyorum yanıtını vererek yapay zekâya güvendiğini dolaylı olarak belirtirken; 41 kişi (%38,32) kararsız kalmış, 18 kişi (%16,82) katıldığını ve 8 kişi (%7,48) ise kesinlikle katıldığını diyerek güvensizliğini açıkça beyan etmiştir. "Kararsızım" seçeneğinin %38,32 ile ölçek zirvesini görmesi, öğretmen adaylarının yapay zekânın sıklıkla ürettiği "halüsinasyonlar" (bilgi uydurma), telif hakları ihlalleri ve akademik bilgi dezenformasyonları sebebiyle bu araçlara karşı "temkinli bir mesafe" koyduklarını ve tam bir teslimiyet sergilemediklerini ispatlamaktadır.

M17 (Yapay zekâ uygulamaları, öğretmenin öğretimdeki rolünü azaltabilir): Öğretmenlik mesleğinin gelecekteki statüsünü ve yapay zekânın öğretmenin yerini alma riskini sorgulayan bu kritik ters maddede, katılımcıların fikirsel olarak net bir biçimde bölündükleri

ve mesleki kaygı yaşadıkları müşahede edilmektedir. Bulgulara göre adayların 16'sı (%14,95) kesinlikle katılmıyorum, 31'i (%28,97) katılmıyorum diyerek öğretmenin sınıftaki insani ve duygusal liderlik rolünün sarsılmaz olduğunu savunurken; 28 kişi (%26,17) kararsız kalmış, 24 kişi (%22,43) katıldığını ve 8 kişi (%7,48) kesinlikle katıldığını belirterek yapay zekânın öğretmen rolünü zayıflatabileceğini öngörmüştür. Mesleki geleceğe dair %43,92 oranında bir "güvenli" bakış açısı olsa da, yaklaşık her 3 adaydan birinin (%29,91) bu tehdit algısını taşıması, yapay zekânın gelecekte bir öğretmen ikamesi (öğretmen yerine geçme) yaratıp yaratmayacağı tartışmasının adayların bilinçaltında önemli bir yer tuttuğunu kanıtlamaktadır.

M18 (Yapay zekâ uygulamalarının kullanımı eğitim maliyetini arttırabilir): Eğitimin ekonomik boyutunu ve teknolojik yatırımların getireceği yükü ele alan bu ters maddede, katılımcıların yine yüksek bir belirsizlik ve kararsızlık bandı içerisinde kümelendikleri görülmektedir. Öğretmen adaylarının 11'i (%10,28) kesinlikle katılmıyorum, 35'i (%32,71) katılmıyorum diyerek teknolojinin maliyet artırıcı bir unsur olmadığını, aksine kâğıt, kırtasiye ve fiziksel materyal giderlerini azaltacağını düşünürken; 37'si (%34,58) kararsız kalmış, 17'si (%15,89) katıldığını ve 7'si (%6,54) ise kesinlikle katıldığını belirtmiştir. Maliyet artışına inanmayanlar %42,99 ile göreceli bir üstünlüğe sahip olsa da kararsızların %34,58 gibi yüksek bir oranda kalması, premium (ücretli) yapay zekâ aboneliklerinin ve okullara kurulması gereken yüksek donanımlı bilgisayar/internet altyapısının getireceği makro-ekonomik yüklerin adaylar nezdinde tam olarak kestirilemediğini göstermektedir.

M19 (Bazı öğrenciler, yapay zekâ uygulamalarını kullanmakta güçlük yaşayabilir): Yapay zekâ araçlarının her öğrenci için aynı ölçüde kullanıcı dostu olup olmaması ve karşılaşılabilecek dijital engellere dair maddede, öğretmen adaylarının son derece gerçekçi, sağduyulu ve farkındalığı yüksek bir yaklaşım sergiledikleri görülmektedir. Maddede katılımcıların yalnızca 1'i (%0,93) kesinlikle katılmıyorum, 3'ü (%2,80) katılmıyorum ve 11'i (%10,28) kararsızım derken; 64'ü (%59,81) katıldığını ve 28'i (%26,17) kesinlikle katıldığını ifade etmiştir. Toplamda %85,98 gibi çok güçlü bir çoğunluğun bu görüşe katılması, adayların her öğrencinin aynı düzeyde dijital okuryazarlığa, teknolojik yatkınlığa veya sosyo-ekonomik imkanlara sahip olmadığını net bildiklerini ve yapay zekânın bazı dezavantajlı öğrenciler için yeni bir akademik dışlanma/öğrenme bariyerine dönüşebileceğini öngördüklerini kanıtlamaktadır.

M20 (Yapay zekâ kullanmak, geleneksel yöntemlere göre daha fazla hazırlık gerektirebilir): Yapay zekâ entegrasyonunun öğretmene getireceği ekstra ders ön hazırlık yükünü sorgulayan bu maddede, adayların görüşlerinin adeta tam ortadan ikiye bölündüğü

istatistiksel olarak tespit edilmiştir. Ankete yanıt verenlerin 8'i (%7,48) kesinlikle katılmıyorum, 23'ü (%21,50) katılmıyorum diyerek yapay zekânın hazırlık sürecini uzatmayacağını aksine kısaltacağını savunurken; 34 kişi (%31,78) kararsız kalmış, 32 kişi (%29,91) katıldığını ve 10 kişi (%9,35) kesinlikle katıldığını beyan etmiştir. Hazırlık yükünün artacağını düşünenler (%39,26) ile tam tersini savunanlar (%28,98) arasındaki bu denge ve %31,78'lik yüksek kararsızlık, adayların doğru komut (prompt) mühendisliği yapma, yapay zekâ çıktılarını pedagojik süzgeçten geçirme ve halüsinasyonları ayıklama süreçlerinin ne kadar zaman alacağını pratik olarak henüz tam deneyimlemediklerinin net bir göstergesidir.

M21 (Yapay zekâ araçlarının her öğrenciye uygun olmayabileceğini düşünüyorum): Yapay zekânın evrensel, homojen ve mutlak bir eğitim şablonu olup olmadığını tartışmaya açan bu maddede, katılımcıların çoğunluğunun seçici ve esnek bir pedagojik yaklaşımı benimsediği görülmektedir. Verilere bakıldığında adayların 2'si (%1,87) kesinlikle katılmıyorum, 11'i (%10,28) katılmıyorum, 22'si (%20,56) kararsızım yönünde fikir beyan ederken; 49'u (%45,79) katıldığını ve 23'ü (%21,50) kesinlikle katıldığını ifade etmiştir. Katılımcıların %67,29'unun bu görüşe onay vermesi, yapay zekânın öğrencilerin farklı öğrenme stilleri (görsel, işitsel, kinestetik), bilişsel gelişim düzeyleri, yaş sınırlılıkları veya özel gereksinimleri dikkate alındığında tek tip ve sihirli bir değnek olarak görülmemesi gerektiğine dair olgun bir pedagojik olgunluğa sahip olduklarını ortaya koymaktadır.

M22 (Yapay zekâ teknolojileri konusunda yeterli uzman desteğinin bulunmaması öğretim sürecini olumsuz etkiler): Kurumsal, teknik ve pedagojik destek mekanizmalarının hayati önemine değinen bu maddede, adayların sistem düzeyindeki eksikliklere dair haklı kaygılar taşıdığı gözlenmektedir. Bulgulara göre katılımcıların yalnızca 1'i (%0,93) kesinlikle katılmıyorum, 10'u (%9,35) katılmıyorum, 26'sı (%24,30) kararsızım derken; 48'i (%44,86) katıldığını ve 22'si (%20,56) kesinlikle katıldığını belirtmiştir. Örneklemin %65,42'sinin olumlu yanıt vermesi, öğretmen adaylarının gelecekte görev yapacakları okullarda hem teknik arızaları giderecek hem de pedagojik entegrasyon rehberliği yapacak bir "yapay zekâ/eğitim teknolojileri uzmanı" bulunmamasının, öğretmenleri sınıfta yalnız bırakacağını ve dolayısıyla teknolojik dönüşüm sürecini sekteye uğratacağını düşündüklerini göstermektedir.

M23 (Öğretmenlerin yoğun sorumlulukları, yapay zekâ uygulamalarını kullanmalarını sınırlayabilir): Öğretmenlerin mevcut okul içi bürokratik, idari ve operasyonel iş yüklerinin teknoloji kullanımına engel teşkil edip etmeyeceğini sorgulayan bu maddede, adayların mesleki gerçeklerle şimdiden yüzleştiği görülmektedir. Katılımcıların 2'si (%1,87) kesinlikle katılmıyorum, 11'i (%10,28) katılmıyorum, 26'sı (%24,30) kararsızım yönünde görüş

bildirirken; 50'si (%46,73) katıldığını ve 18'i (%16,82) kesinlikle katıldığını beyan etmiştir. Toplamda%63,55 oranında çıkan bu onay, öğretmen adaylarının resmi evrak işleri, nöbetler, kalabalık sınıflar ve müfredat yetiştirme telaşı gibi yapısal zorlukların, öğretmenlerin yapay zekâ gibi yeni akımları derinlemesine öğrenmeye ve derslerine entegre etmeye zaman bulmasını ciddi şekilde kısıtlayacağını net bir biçimde öngördüklerini kanıtlamaktadır.

M24 (Eğitimde yapay zekâ kullanımına yönelik yeterli farkındalık çalışması olmaması bir eksikliktir): Ölçeğin son maddesi olan makro düzeydeki eğitim politikası, stratejik planlama ve farkındalık çalışmalarının yetersizliğine dair ifade, katılımcılar arasında çok güçlü ve sarsılmaz bir mutabakatla kabul görmüştür. Frekans dağılımları incelendiğinde adayların yalnızca 2'si (%1,87) kesinlikle katılmıyorum, 5'i (%4,67) katılmıyorum ve 11'i (%10,28) kararsızım şıkkını seçerken; 43'ü (%40,19) katıldığını, 46'sı (%42,99) ise kesinlikle katıldığını vurgulamıştır. %42,99 'kesinlikle katılım' olmak üzere toplamda %83,18 gibi çok yüksek bir oranda sağlanan bu konsensüs, öğretmen adaylarının eğitim sisteminde yapay zekâya yönelik stratejik yol haritalarının, resmi hizmet içi eğitimlerin ve bakanlık düzeyindeki farkındalık projelerinin eksikliğini derinden hissettiklerini ve bu kurumsal boşluğu ciddi bir sistem zafiyeti olarak değerlendirdiklerini net bir biçimde ortaya koymaktadır.

Öğretmen adaylarının yapay zekâ (YZ) uygulamalarının eğitim süreçlerine entegrasyonunda karşılaşılabilecek teknik, pedagojik, sosyo-ekonomik ve sistemsel engellere yönelik değerlendirmelerini içeren "Zorluk Algısı" boyutuna ait bulgular incelendiğinde, toplam 963 frekans birikimi üzerinden elde edilen %17,65 "Kesinlikle Katılıyorum" ve %35,83 "Katılıyorum" oranları, katılımcıların %53,48 gibi çoğunluk düzeyinde güçlü bir zorluk ve risk farkındalığına sahip olduğunu göstermektedir. Boyut genelinde kararsızlık oranının %24,51 gibi yüksek bir seviyede seyretmesi, adayların yapay zekânın getireceği makro-ekonomik maliyet artışları (M18: %34,58 kararsızlık), sistemin bilgi güvenilirliği/halüsinasyon üretme potansiyeli (M16: %38,32 kararsızlık) ve geleneksel ders hazırlığı yükünü artırma riski (M20: %31,78 kararsızlık) gibi pratik olarak henüz tam deneyimlemedikleri alanlarda belirgin bir belirsizlik yaşadıklarını ortaya koymaktadır. Buna karşın adaylar, yapay zekâ entegrasyonunda en somut zorluk alanları olarak kurumsal ve operasyonel bariyerleri teşhis etmişlerdir; nitekim öğrencilerin yaşayabileceği kullanım güçlükleri (M19: %85,98), bireysel farklılıklara tek tip şablonların uymama riski (M21: %67,29), uzman desteği eksikliği (M22: %65,42) ve öğretmenlerin mevcut idari/bürokratik iş yükünün yaratacağı zaman darlığı (M23: %63,55) yüksek oranlarda onaylanmıştır. Özellikle makro düzeydeki kurumsal farkındalık ve politika eksikliğinin bir zafiyet olarak görülmesi (M24: %83,18), boyutun en güçlü uzlaşı alanlarından

biri olmuştur. Sonuç olarak; araştırmanın bu boyutundan elde edilen veriler, geleceğin öğretmenlerinin yapay zekâyı sihirli bir değnek olarak görmediklerini, aksine "yüksek kurumsal/operasyonel zorluk farkındalığı, sistemsel yalnızlık kaygısı ve temkinli teknik şüphecilik" ile karakterize edilen, ayakları yere basan bir zorluk algısına sahip olduklarını kanıtlamaktadır.

BÖLÜM V: SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Araştırma sonucunda, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Türkçe öğretmeni adaylarının eğitimde yapay zekâ teknolojilerine yönelik "yüksek eğitsel değer atfetme, güçlü öz-güven ve eleştirel/pedagojik farkındalık" ile karakterize edilen oldukça olgun bir algı çizgisine sahip oldukları belirlenmiştir. Adaylar yapay zekâyı soyut dil bilgisi kurallarını görselleştirecek, metin analizlerini derinleştirecek ve zaman-mekân sınırlarını ortadan kaldıracak esnek bir asistan olarak kabul etmektedir.

Bununla birlikte, adayların yapay zekâyı sihirli bir değnek olarak görmedikleri; aksine ayakları yere basan güçlü bir zorluk algısına sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Öğrenciler arasında teknolojiye erişim farkından doğabilecek dijital uçurum riskleri, okullarda teknik ve pedagojik rehberlik yapacak yapay zekâ uzman desteği eksikliği ve resmi evrak işleri ile yoğun iş yükünün öğretmenlere yaratacağı zaman darlığı, yapay zekâ entegrasyonunun önündeki en somut kurumsal/operasyonel engeller olarak tescillenmiştir.

5.2. Tartışma

Bulgular, Solak (2026) çalışmasıyla örtüşmekte; Türkçe öğretmen adaylarının %80'ler seviyesinde YZ kullanımını desteklediğini, kişiselleştirilmiş eğitim ve esneklik avantajlarını önemsediğini ancak insan etkileşimi eksikliği ile dezenformasyon kaygısı taşıdıklarını doğrulamaktadır.

Sarıalai (2025) hazırbulunuşluk ve Kanat (2023) içerik geliştirme yetersizliği bulgularıyla uyumlu olarak, adayların %77,57 oranında formal eğitim almamış olması, YZ kulanımlarının tamamen bireysel çabayla yürütüldüğünü kanıtlamaktadır.

Koç (2024) meta-sentez çalışmasında vurgulanan kurumsal altyapı eksikliği, bu araştırmadaki %83,18'lik YZ eğitimde yol haritesı eksikliği ve uzman desteği yoksunluğu kaygılarıyla birebir örtüşmektedir.

5.3. Öneriler

Araştırmadan elde edilen bulgular ve ulaşılan sonuçlar doğrultusunda aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

Müfredat ve Program Geliştirmeye Yönelik Öneriler:

1 Eğitim fakültelerinin Türkçe Öğretmenliği lisans programlarında, sadece teorik bilgisayar dersleriyle sınırlı kalınmamalı; "Eğitimde Yapay Zekâ Entegrasyonu", "Prompt (Komut) Mühendisliği" ve "Türkçe Eğitiminde Dijital Materyal Tasarımı" gibi pratik ve mikro-öğretim destekli seçmeli derslere yer verilmelidir.

2 Türkçe öğretmen adaylarının soyut müfredat kazanımlarını yapay zekâ yoluyla eğitsel oyunlara, şematik görsellere ve dinleme metinlerine nasıl dönüştüreceklerine dair rehber niteliğinde atölye çalışmaları ve örnek ders tasarımları artırılmalıdır.

Uygulama ve Paydaşlara Yönelik Öneriler:

1 Milli Eğitim Bakanlığı bünyesinde görev yapan Türkçe öğretmenlerine ve üniversitedeki adaylara yönelik, yapay zekânın bilgi uydurma (halüsinasyon) ve telif risklerini ayırt edebilecekleri etik kullanım çalıştayları ve seminer programları düzenlenmelidir.

2 Okullardaki teknolojik dönüşümün öğretmenleri sınıfta yalnız bırakarak sekteye uğramaması adına, kurumsal ve teknik destek sağlayacak "Eğitim Teknolojileri ve Yapay Zekâ Uzmanlığı" kadroları yaygınlaştırılmalıdır.

Gelecek Araştırmalara Yönelik Öneriler:

1 Bu araştırma tek bir üniversite ve nicel tarama modeliyle gerçekleştirilmiştir; gelecek çalışmalarda farklı üniversitelerdeki Türkçe öğretmen adaylarının katılımıyla, sınıf içi pratik uygulamaları gözlemleyen karma (mixed) yöntem tasarımları kullanılabilir.

KAYNAKÇA

Avrupa Konseyi. (2024). Eğitim sistemlerinde yapay zekâ kullanımı: İnsan hakları, democracy ve hukukun üstünlüğü çerçevesinde bir rehber. Avrupa Konseyi Yayınları.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE Publications. (Metindeki nicel araştırma ve tarama/survey modeli yöntem altyapısı için).

Karasar, N. (2020). Bilimsel araştırma yöntemi: Kavramlar, ilkeler, teknikler. Nobel Akademik Yayıncılık. (Metindeki mevcut durumu olduğu gibi ortaya koymayı hedefleyen tarama modeli yöntemi için).

Karasar, N. (2020). Bilimsel araştırma yöntemi: Kavramlar, ilkeler, teknikler (35. bs.). Nobel Akademik Yayıncılık.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). Millî Eğitim Bakanlığı stratejik planı ve eğitimde yapay zekâ uygulamaları vizyon belgesi. MEB Yayınları.

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2(1), 3-10. (Metinde geçen Bağlantıcılık/Connectivism kuramı için).

UNESCO. (2023). Eğitim ve araştırmada üretken yapay zekâ kılavuzu. UNESCO Dijital Kütüphanesi.

Uzun, A. ve Alkış, S. (2021). Türkçe öğretiminde metinler aracılığıyla değer aktarımı ve dilsel işlevsellik. Ana Dili Eğitimi Dergisi, 9(3), 612-625.

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press. (Metinde geçen Yakınsal Gelişim Alanı/Zone of Proximal Development ve Iskele kuramı için).

Wardat, Y., Tashtoush, M., AlAli, R., & Saleh, S. (2024). Scale for evaluating the use of artificial intelligence in education. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21(1), 45-62.

Yeşildal, Ü. B. (2026). Eğitimde yapay zekâ kullanımı değerlendirme ölçeğinin Türkçe uyarlaması: Matematik öğretmen adayları perspektifi (Yüksek lisans tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Koç, H. (2024). Eğitimde yapay zekâ kullanımı: Bir meta-sentez çalışması (Yüksek Lisans Tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özkan Kanat, B. (2023). Türkçe öğretmen adaylarının dijital yeterlilik düzeylerinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Sarıalai, A. D. (2025). Öğretmen adaylarının eğitimde yapay zeka kullanımına yönelik hazırbulunuşluk düzeylerinin incelenmesi: Bir karma yöntem araştırması (Yüksek Lisans Tezi). Mersin Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Solak, U. (2026). Türkçe öğretmen adaylarının dil öğretiminde yapay zekâya yönelik görüşlerinin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

TÜRKÇE ÖĞRETMEN ADAYLARI İLE TÜRK DİLİ VE EDEBİYATI ÖĞRETMEN ADAYLARININ KARAKTER VE DEĞERLER EĞİTİMİNE YÖNELİK GÖRÜŞLERİ

Prof. Dr. Hasan BAĞCI
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Türkçe Eğitimi ABD. Öğretim üyesi. 15000 Burdur. hbagci@mehmetakif.edu.tr
Orcid no: 0000-0001-8624-8274
Alparslan KARAGÖZ
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi ABD, Türkçe Eğitimi Tezli Yüksek Lisans Programı Öğrencisi. 15000 Burdur. 2510442002@ogr.mehmetakif.edu.tr
Orcid no: 0009-0005-1921-6914

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, Türkçe ve Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik görüşlerini ve sınıf içerisinde gerçekleştirmeyi planladıkları uygulamaları belirlemektir. Mevcut durumu olduğu gibi ortaya koymayı hedefleyen bu çalışmada, karma yöntem araştırma desenlerinden eş zamanlı (yakınsayan) karma desen kullanılmıştır. Bu desende nicel ve nitel veriler aynı zaman diliminde toplanmakta, ayrı ayrı analiz edilmekte ve elde edilen bulgular birlikte yorumlanmaktadır.Araştırmanın nicel boyutunda öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik görüşlerini belirlemek amacıyla anket uygulanmış, elde edilen veriler istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Araştırmanın nitel boyutunda ise katılımcıların konuya ilişkin düşüncelerini daha ayrıntılı ortaya koyabilmek amacıyla açık uçlu sorular kullanılmıştır. Açık uçlu sorulardan elde edilen veriler betimsel olarak değerlendirilmiştir.. Araştırmanın örneklemini, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesinde Türkçe Öğretmenliği ile Türk Dili ve Edebiyatı Öğretmenliği programlarında öğrenim gören 119 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Veri toplama aracı olarak Okudan (2010) tarafından geliştirilen ve Kara (2017) tarafından güvenirlik çalışması yapılan "Eğitim Yöneticilerinin Değer Eğitimi Yeterliliklerini Algılama Ölçeği" (öğretmen adaylarına uyarlanarak) uygulanmıştır. Elde edilen veriler SPSS programı aracılığıyla analiz edilmiştir. Araştırmada; katılımcıların karakter ve değerler eğitimine ilişkin görüşlerinin cinsiyet, bölüm, sınıf düzeyi ve aylık kitap okuma sıklığı değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığı incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik görüşlerinin bu değişkenlerin hiçbirinde anlamlı bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Ayrıca öğretmen adaylarının sınıf içerisinde uygulamayı düşündükleri yöntemlerin çoğunlukla yaratıcı drama, eğitsel oyunlar, tartışma, münazara, metin okuma ve analiz etme olduğu görülmüştür. Öğretmen adayları, bu uygulamaların başarısını ölçmek için ise sıklıkla gözlem, akran değerlendirmesi, ölçme-değerlendirme ve geri dönüt yöntemlerine

başvuracaklarını belirtmişlerdir. Son olarak katılımcıların büyük bir çoğunluğunun, karakter ve değerler eğitimi sürecine velilerin de dahil edilmesi gerektiğini savunduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Karakter, Değer, Görüş, Karakter ve Değer Eğitimi, Türkçe Öğretmen Adayları, Türk Dili ve Edebiyatı Öğretmen Adayları.

THE OPINIONS OF TURKISH LANGUAGE TEACHER CANDIDATES AND TURKISH LANGUAGE AND LITERATURE TEACHER CANDIDATES ON CHARACTER AND VALUES EDUCATION

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine the views of Turkish Language and Literature teacher candidates regarding character and values education and the practices they plan to implement in their classrooms. Since the study aims to reveal the existing situation as it is, a convergent parallel mixed-methods design, one of the mixed-methods research designs, was employed. In this design, quantitative and qualitative data are collected simultaneously, analyzed separately, and the findings are interpreted together.In the quantitative dimension of the study, a questionnaire was administered to determine teacher candidates' views on character and values education, and the obtained data were analyzed using statistical methods. In the qualitative dimension, open-ended questions were used to reveal participants' opinions on the subject in greater detail. The data obtained from the open-ended questions were evaluated descriptively.The sample of the study consisted of 119 teacher candidates studying in the Turkish Language Teaching and Turkish Language and Literature Teaching programs at Burdur Mehmet Akif Ersoy University. As a data collection tool, the "Scale for Perceiving Educational Administrators' Competencies in Values Education," developed by Okudan (2010) and whose reliability study was conducted by Kara (2017), was adapted for teacher candidates and administered. The obtained data were analyzed using the SPSS software package.In the study, it was examined whether teacher candidates' views on character and values education differed according to gender, department, grade level, and monthly reading frequency variables. According to the analysis results, no significant differences were found in teacher candidates' views on character and values education with respect to any of these variables. Furthermore, it was found that the methods teacher candidates mostly planned to implement in the classroom were creative drama, educational games, discussion, debate, reading texts, and text analysis. To assess the effectiveness of these practices, participants stated that they would frequently use observation, peer assessment, measurement and

evaluation, and feedback methods. Finally, it was revealed that the majority of the participants believed that parents should also be involved in the character and values education process.

Keywords: Character, Value, View, Character and Values Education, Turkish Pre-service Teachers, Turkish Language and Literature Pre-service Teachers.

BÖLÜM I

GİRİŞ

Eğitim, insanlık tarihi boyunca bireyin kendini gerçekleştirmesi, toplumsal uyumun sağlanması ve kültürün nesilden nesile aktarılması sürecinde en temel enstrüman olmuştur. Geleneksel eğitim yaklaşımları uzun yıllar boyunca bireylerin bilişsel gelişimlerine ve akademik başarılarına odaklanmış olsa da, modern eğitim paradigmaları insanı sadece bilgi yüklenen bir varlık olarak değil; duyuşsal, sosyal, ahlaki ve vicdani boyutlarıyla bir bütün olarak ele almaktadır. Bu bütüncül yaklaşımın merkezinde ise karakter ve değerler eğitimi yer almaktadır. Küreselleşme, teknolojik dönüşümler, dijitalleşme ve toplumsal değişim hızının artması, bireylerin karşı karşıya kaldığı ahlaki ikilemleri çeşitlendirmiş; bu durum modern toplumlarda erdemli, sorumluluk sahibi ve etik ilkelere bağlı bireylerin yetiştirilmesini her zamankinden daha zorunlu hale getirmiştir (Aydın, 2008; Hökelekli, 2011).

Değerler, toplumsal hayatı düzenleyen, bireylerin kararlarına ve davranışlarına yön veren, neyin doğru, adil ve iyi olduğuna dair geliştirilen ortak inançlar bütünüdür (Yazıcı, 2014). Karakter ise bireyin bu değerleri içselleştirerek, farklı durum ve şartlar altında tutarlı, istikrarlı ve ahlaki birer tutum haline getirmesi durumudur (Öğülmüş, 2024). Bu bağlamda okul, sadece akademik bilginin üretildiği ve aktarıldığı bir mekan değil, aynı zamanda toplumun çekirdeğini oluşturan insani ve milli değerlerin sistemli bir şekilde inşa edildiği pedagojik bir habitustur (Aydın, 2008). Eğitim kurumlarında yürütülen karakter ve değerler eğitimi uygulamaları, öğrencilerin sadece yasalar karşısında "kurallara uyan" bireyler olmasını değil, vicdani muhakeme yeteneği gelişmiş "iyi vatandaşlar" ve "iyi insanlar" olmasını hedeflemektedir (Ekşi, 2003).

Karakter ve değerler eğitiminin başarıya ulaşmasında ve okul kültürünün bir parçası haline gelmesinde en stratejik paydaş şüphesiz öğretmenlerdir. Öğretmenler, öğretim programlarında yer alan örtük ya da açık değerleri sınıf ortamına taşıyan, tasarladıkları etkinliklerle bu değerleri somutlaştıran ve en önemlisi kendi davranışlarıyla öğrencilere "rol model" olan lider figürlerdir (Tezcan, 2011). Yapılandırmacı eğitim yaklaşımı doğrultusunda yenilenen öğretim programları, değerler eğitimi belirgin bir dersin ya da dönemin tekelinden çıkararak tüm disiplinlerin ortak bir sorumluluk alanı haline getirmiştir. Bu disiplinler arasında dil ve edebiyat

öğretimi, bünyesinde barındırdığı zengin kültürel miras ve estetik unsurlar nedeniyle apayrı ve ayrıcalıklı bir konuma sahiptir (Aydın ve Gürler, 2014).

Dil, bir toplumun düşünce dünyasını, ahlak anlayışını, estetik algısını ve tarihsel birikimini taşıyan en temel kod sistemidir. Türkçe ile Türk Dili ve Edebiyatı dersleri, öğrencilere sadece dil bilgisisi kurallarını ya da edebi dönemleri öğretmeyi amaçlamaz; aynı zamanda seçilen nitelikli edebi metinler (şiirler, romanlar, hikayeler, masallar vb.) aracılığıyla öğrencilerin estetik zevklerini geliştirmeyi, empati yeteneklerini beslemeyi ve onları ulusal/evrensel değerlerle buluşturmayı hedefler (Kafadar, Akçay ve Toksoy, 2013). Sınıf ortamında bir edebi metnin çözümlenmesi, aynı zamanda o metnin satır aralarında gizlenmiş olan adalet, dostluk, dürüstlük, vatanseverlik ve yardımseverlik gibi kök değerlerin de deşifre edilmesi anlamına gelmektedir (Bağcı, 2011). Bu nedenle, geleceğin Türkçe ve edebiyat sınıflarını yönetecek olan öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik algıları, inançları, yeterlilik hisleri ve sınıf içerisinde uygulamayı planladıkları pedagojik yöntemler, yetiştirecekleri nesillerin niteliğini doğrudan belirleyecek yapısal bir öneme sahiptir.

1.1. Problem Durumu

Türkçe öğretmen adayları ile Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik görüşleri ve sınıf içerisinde yapmayı düşündükleri uygulamalar nelerdir? araştırmanın problem cümlesidir.

1.1.1. Alt Problemler

1- Türkçe öğretmen adayları ile Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının Karakter ve Değerler Eğitimine yönelik görüşleri cinsiyete göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?

2- Türkçe öğretmen adayları ile Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının Karakter ve Değerler Eğitimine yönelik görüşleri eğitim görülen bölüm türüne göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?

3- Türkçe öğretmen adayları ile Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının Karakter ve Değerler Eğitimine yönelik görüşleri öğrenim görülen sınıfa göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?

4- Türkçe öğretmen adayları ile Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının Karakter ve Değerler Eğitimine yönelik görüşleri ayda okunan kitap sayısına göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?

5- Türkçe öğretmen adayları ile Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının Karakter ve Değerler Eğitimine yönelik yapmayı düşündükleri sınıf içi uygulamaları nelerdir?

6- Öğretmen Adaylarının Karakter ve Değerler Eğitiminde Ailelerin Dahil Edilmesine Yönelik Görüşleri Nelerdir?

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı Türkçe öğretmen adayları ile Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik görüşlerini ve sınıf içerisinde yapmayı planladıkları uygulamaları belirlemektir. Toplumların varlığını devam ettirmesi ve insanların toplum ile mutlu ve sağlıklı bir yaşam sürmesi açısından evrensel ve milli değerlerin nesilden nesile aktarımı önemlidir. Değerlerin ortaya çıkmasında ve şekillenmesinde okul ve sosyal çevre oldukça önemlidir. İnsanların karakteri aile ortamlarında, okullarında ve sosyal çevrelerinde şekillenir. Aynı zamanda bu değerler, bireylerden yansıyarak tutum ve davranış haline gelir (Aydın, 2008; Aydın ve Gürler, 2014**).**

1.3. Araştırmanın Önemi

Karakter ve değerler eğitimi, bireylerin yalnızca bilişsel gelişimlerini değil; aynı zamanda duyuşsal, sosyal ve ahlaki gelişimlerini de destekleyen önemli bir eğitim alanıdır. Eğitim sisteminin temel amaçlarından biri, öğrencilerin akademik başarılarının yanı sıra toplumsal değerlere uygun bireyler olarak yetişmelerini sağlamaktır. Bu bağlamda değerler eğitimi, tüm derslerin ortak sorumluluk alanı olarak kabul edilmektedir.

Türkçe öğretimi ile Türk Dili ve Edebiyatı öğretimi, dil becerilerinin geliştirilmesinin yanı sıra değer aktarımı açısından da önemli bir işleve sahiptir. Özellikle edebi ve bilgilendirici metinler, öğrencilerin değerleri fark etme, yorumlama ve içselleştirme süreçlerinde etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle her iki alanın öğretmen adaylarının değerler eğitimine ilişkin görüşleri, gelecekteki öğretim uygulamalarının niteliğini doğrudan etkileyecek bir öneme sahiptir.

Bu araştırma, Türkçe Öğretmen Adayları ile Türk Dili ve Edebiyatı Öğretmen Adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik görüşlerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, öğretmen adaylarının değerler eğitimine bakış açıları, derslerde değer aktarımına yönelik yeterlilik algıları ve uygulamaya ilişkin düşünceleri incelenmektedir.

Elde edilecek bulguların, öğretmen yetiştirme programlarının geliştirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir. Özellikle üniversitelerde verilen öğretmenlik eğitiminin, değerler eğitimi açısından yeniden değerlendirilmesine ve güçlendirilmesine yönelik önemli veriler sunacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışma, öğretmen adaylarının mesleğe başladıklarında değerler eğitimini sınıf ortamına nasıl yansıtacaklarına dair önemli ipuçları sağlaması açısından da önem taşımaktadır.

Sonuç olarak bu araştırma, Türkçe ve Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine ilişkin görüşlerini karşılaştırmalı olarak ele alarak, alan yazına katkı sunmayı ve öğretmen yetiştirme süreçlerine ışık tutmayı amaçlamaktadır**.**

1.4. Tanımlar

Karakter: Karakter, bir kişinin belli bir durum karşısında değişmeyen (tutarlı) bir tavır ve davranışta bulunmasıdır. Kişilik ile karşılaştırıldığında şu söylenebilir: Kişilik (Şahsiyet), bu tutarlı tavır ve davranışın o kişiye özgü (nevi şahsına münhasır) olmasıdır (Öğülmüş,2024).

Değer: TDK(2019)'ye göre bir şeyin değdiği karşılık, kıymet, meziyet ve bir şeyin önemini belirlemeye yarayan soyut ölçü olarak tanımlanırken , Yazıcı (2014) ise bir toplumun veya grubun varlık, birlik, işleyiş ve devamını sağlamak için üyelerinin çoğu tarafından doğru ve gerekli oldukları kabul ve tasdik edilen, onların ortak duygu, düşünce, amaç ve çıkarlarını yansıtan, genelleştirilmiş temel ahlaki ilke veya inançlar olarak tanımlamaktadır.

Karakter Eğitimi: Karakter eğitimi, geleceğin iyi vatandaşlarını yetiştirebilmek için öğrencilerin davranışlarını düzenleme yoludur (Hoge, 2002). karakter eğitimi, çocuğa sadece neyin doğru neyin yanlış olduğunu öğretmek değil, çocuğun iyi olanı bilmesini, anlamasını ve yapmasını ona aşılamaktır (Kayan, M. F. 2022).

Değer Eğitimi: Örtük veya açık program aracılığıyla yeni nesle temel insani değerleri kazandırma, duyarlılık oluşturma ve kazanılan değerleri davranışa dönüştürme sürecidir (Ekşi,2003).

1.5. Sınırlılıklar

Bu araştırma Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Türkçe Öğretmenliği ve Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü'nün 3. Ve 4.sınıflarında öğrenim gören öğretmen adayları, bu öğretmen adaylarının görüşleri, araştırmada kullanılan ölçme aracı ve 2025-2026 eğitim öğretim yılı ile sınırlıdır.

BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER

2.1. Değer ve Karakter Kavramlarının Teorik Çerçevesi

Değer kavramı, sosyoloji, psikoloji, felsefe ve eğitim bilimleri gibi pek çok farklı disiplinin çalışma sahasına giren, çok boyutlu ve dinamik bir yapıya sahiptir. Sözcük anlamı itibarıyla bir şeyin önemini, kıymetini veya ederini ifade eden değer (TDK, 2019), felsefi bağlamda ahlaki, estetik ve kültürel kararlarımızın temelini oluşturan ölçütler olarak ele alınır (Üredi, 2016). Sosyolojik açıdan bakıldığında değerler, bir toplumun varlığını sürdürebilmesi,

toplumsal bütünleşmeyi sağlaması ve ortak bir yaşam ideali etrafında kenetlenmesi için üyelerinin büyük çoğunluğu tarafından kabul gören temel ilkeler veya inançlardır (Yazıcı, 2014). Değerler, bireylerin ve toplumların temel ihtiyaçlarına verdikleri bilişsel tepkiler olup, motivasyonel hedefler barındırır ve insan hayatında birer kılavuz görevi üstlenir (Doğanay, 2006).

Karakter kavramı ise bireyin ayırt edici, kalıcı ve tutarlı özelliklerinin bütününü ifade etmektedir (Kayan, 2022). Psikoloji ve eğitim literatüründe kişilik ve karakter terimleri sıklıkla birbirinin yerine kullanılsa da, aralarında net bir mahiyet farkı bulunmaktadır. Kişilik, bireyin doğuştan getirdiği mizaç özelliklerini ve biyolojik eğilimlerini kapsayan daha geniş ve nötr bir kavramken; karakter, bu özelliklerin toplumsal normlar, ahlaki değerler ve eğitim yoluyla işlenmesi, şekillendirilmesi ve kalıcı birer erdem haline dönüştürülmesiyle ortaya çıkan ahlaki boyuttur (Öğülmüş, 2024).

2.2. Dünyada ve Türkiye'de Karakter ve Değerler Eğitimi

Tarihsel süreç incelendiğinde, kurumsallaşmış eğitim sistemlerinin en eski ve evrensel amaçlarından birinin "iyi insan" ve "makbul vatandaş" yetiştirmek olduğu görülür. İslam dünyasında Farabi, Mevlana, Yunus Emre ve Gazali'nin "ahlak, edep ve karakter" merkezli eğitim tasavvurlarından, modern eğitim sistemlerine kadar değer aktarımı her zaman eğitimen temel taşı olmuştur (Cihan, 2014).

Modern anlamda karakter eğitimi akımı, özellikle 20. yüzyılın son çeyreğinde yaşanan toplumsal çözülmeler, suç oranlarındaki artış ve gençlik sorunlarına bir tepki olarak dünyada yeniden güçlü bir şekilde gündeme gelmiştir (Ekşi, 2003). Okullarda saygı, sorumluluk, adalet, dürüstlük ve güvenilirlik gibi temel evrensel değerlerin sistematik olarak işlenmesi savunulmuştur. Avrupa ülkelerinde ise değerler eğitimi, genellikle vatandaşlık eğitimi, insan hakları ve demokrasi eğitimi çerçevesinde yapılandırılarak çoğulculuk, insan haklarına saygı, barış ve hoşgörü gibi demokratik değerlerin kazandırılması biçiminde ele alınmıştır (Doğanay, 2006).

Türkiye'de ise değerler eğitimi köklü bir tarihsel birikime sahiptir. Cumhuriyet öncesi dönemde medreseler, sıbyan mektepleri ve halk irfanı (Ahilik teşkilatı, tasavvufi yapılar vb.) yoluyla yürütülen ahlak eğitimi, Cumhuriyet'in ilanıyla birlikte modern bir vatandaşlık eğitimi kimliğine bürünmüştür (Cihan, 2014). Cumhuriyet dönemi öğretim programlarında Yurttaşlık Bilgisi, Malumat-ı Vataniyye, Ahlak Bilgisi gibi dersler aracılığıyla modern Türkiye Cumhuriyeti'nin ihtiyaç duyduğu rasyonel, vatansever ve üretken vatandaş profilinin inşası hedeflenmiştir (Doğanay, 2006).

2000'li yıllara gelindiğinde, Türkiye'deki öğretim programlarında da köklü bir zihniyet dönüşümü yaşanmıştır. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) tarafından 2005 yılında uygulamaya konulan yapılandırmacı müfredat reformu ile birlikte, değerler eğitimi müstakil derslerin konusu olmaktan çıkarılmış ve tüm derslerin sarmal bir yaklaşımla gerçekleştirmesi gereken ortak beceriler ve ara disiplinler olarak tanımlanmıştır (MEB, 2005). Sonraki yıllarda ve güncel öğretim programlarında adalet, dostluk, dürüstlük, öz denetim, sabır, saygı, sevgi, sorumluluk, vatanseverlik ve yardımseverlik gibi "Kök Değerler" belirlenmiş, eğitim sürecinin nihai hedefinin bilgi, beceri ve değer bütünleşmesini sağlamış yetkin bireyler yetiştirmek olduğu açıkça ortaya konmuştur (Ekşi ve Katılmış, 2011).

2.3. Karakter ve Değerler Eğitiminde Pedagojik Yaklaşımlar

Okullarda değerler ve karakter eğitiminin hangi pedagojik yöntem ve yaklaşımlarla verilmesi gerektiği konusu Türkiye'deki eğitim uzmanları tarafından kapsamlı şekilde incelenmiştir (Ekşi, 2003; Karacoşkun, 2013). Alan yazında öne çıkan temel yaklaşımlar şu şekilde özetlenebilir:

- **Değer Telkini Yaklaşımı:** En geleneksel yaklaşımlardan biridir. Bu yaklaşımda değerler, toplumun üzerinde uzlaştığı mutlak doğrular olarak kabul edilir ve öğrencilere doğrudan anlatım, kurallar, ödül-ceza mekanizmaları ve sürekli hatırlatmalar yoluyla benimsetilmeye çalışılır (Aydın, 2008).
- **Değer Açıklama Yaklaşımı:** Bu yaklaşımda öğretmen öğrenciye herhangi bir değeri empoze etmez; onun yerine bir kolaylaştırıcı rolü üstlenerek, öğrencilerin kendi duygu, düşünce ve inançlarının farkına varmalarını, alternatifler arasından kendi değerlerini özgürce seçmelerini sağlar (Yazıcı, 2014).
- **Ahlaki Muhakeme Yaklaşımı:** Zihinsel ahlak gelişimi teorilerine dayanan bu yaklaşımda, öğrencilere sınıf ortamında ahlaki ikilemler (dilemmalar) sunulur. Öğrenciler bu ikilemler karşısında nasıl davranmaları gerektiğini tartışarak ahlaki akıl yürütme becerilerini üst aşamalara taşırlar (Çileli, 1986).
- **Değer Analizi Yaklaşımı:** Bu yaklaşım, değer içerikli sosyal ve kişisel problemleri rasyonel, mantıksal ve bilimsel yöntemlerle incelemeyi hedefler. Öğrenciler bir değer krizine ilişkin verileri toplar, kanıtları değerlendirir ve mantıklı kararlara ulaşmaya çalışırlar (Doğanay, 2006).
- **Bütüncül Okul Yaklaşımı:** Karakter ve değerler eğitiminin sadece ders saatleriyle sınırlı kalamayacağını; okul idaresinden öğretmenlere, okul ikliminden velilere ve

çevreye kadar okulun tüm unsurlarına nüfuz etmesi gerektiğini savunur (Ekşi ve Katılmış, 2011).

2.4. Dil ve Edebiyat Öğretiminin Değerler Eğitimindeki Rolü ve Önemi

Dil, sadece bireyler arası iletişimi sağlayan mekanik bir araç değildir; bir milletin varlık şartı, hafızası, kültürel genetiği ve dünya görüşünün somutlaşmış halidir. Dolayısıyla anadili eğitimi (Türkçe) ve edebiyat öğretimi (Türk Dili ve Edebiyatı), doğası gereği baştan aşağı bir değerler eğitimi sürecidir. Öğrenci, ana dilinin kelime dünyasına, atasözlerine, deyimlerine ve sembollerine nüfuz ettikçe, aslında o dilin taşıyıcısı olduğu toplumun ahlak kodlarını da içselleştirmeye başlar (Aydın, 2008).

Dil ve edebiyat derslerinin değer aktarımındaki en büyük gücü metin merkezli yapısından kaynaklanmaktadır. Romanlar, hikayeler, şiirler, tiyatro eserleri ve masallar, değerlerin kuru birer kurallar listesi veya didaktik vaazlar şeklinde değil; hayatın içinden canlı, estetik ve kurgusal anlatılarla sunulmasını sağlar (Bağcı, 2011). Öğrenci, okuduğu bir hikayedeki karakterle özdeşim kurarak empati yeteneğini geliştirir; karakterin yaşadığı ahlaki çatışmaları kendi zihninde deneyimler. Örneğin, bir metinde haksızlığa karşı direnen bir kahramanın öyküsünü okuyan öğrenci, adalet ve dürüstlük değerlerini didaktik bir telkinden çok daha derin ve kalıcı bir şekilde duygu dünyasına aktarır (Kafadar, Akçay ve Toksoy, 2013).

Edebi metinler, estetik birer obje olmaları hasebiyle bireyin duyuşsal alanına (kalbine) hitap eder. Nitelikli edebi eserler öğrencilere eleştirel düşünme, metnin alt metinlerini okuma ve insan doğasını kavrama fırsatı sunar. Bu durum, öğrencilerin dogmatik kalıplardan sıyrılarak esnek, hoşgörülü, insan haklarına saygılı ve adil bir dünya görüşü (karakter) geliştirmelerine hizmet eder (Uzun ve Alkış, 2021).

2.5. Değerler Eğitiminde Öğretmen ve Öğretmen Adaylarının Yeterlilikleri

Bir öğretim programı ne kadar mükemmel tasarlanırsa tasarlansın veya eldeki edebi metinler ne kadar zengin olursa olsun, değerler eğitimi uygulamasının kalitesi ve başarısı doğrudan sınıf içi süreci yöneten öğretmenin niteliğine bağlıdır (Tezcan, 2011). Öğretmen, değerler eğitiminde sadece bilgi aktaran bir öğretici değil, süreci kolaylaştıran bir rehber ve en önemlisi tutumlarıyla yaşayan bir rol modeldir. Çocuklar ve gençler yetişkinlerin söylediklerinden ziyade, onların sergiledikleri canlı davranış modellerini gözlem yoluyla benimserler (Hökelekli, 2011).

Bu durum, öğretmen yetiştiren kurumların sorumluluğunu büyük ölçüde artırmaktadır. Geleceğin Türkçe ve edebiyat öğretmenlerinin henüz lisans sıralarındayken değerler eğitiminin teorik temellerine, pedagojik yaklaşımlarına ve sınıf içi uygulama yöntemlerine dair yüksek

düzeyde bir farkındalık ve yeterlilik algısı geliştirmeleri gerekmektedir (Bulut ve Varol, 2022). Alan yazında yapılan çalışmalar, öğretmen adaylarının değerler eğitimini son derece önemli bulduklarını ancak sınıf içerisinde yaratıcı drama, eğitsel oyunlar veya metin analizi gibi öğrenci merkezli yöntemleri etkili bir şekilde sınıf ortamına nasıl yansıtacakları konusunda kendilerini yeterince hazır ve donanımlı hissetmediklerini göstermektedir (Kara, 2017; Uzun ve Alkış, 2021). Bu bağlamda, öğretmen adaylarının bu hayati alana yönelik görüşlerinin, beklentilerinin ve yeterlilik algılarının bilimsel yöntemlerle tespit edilmesi büyük bir öneme sahiptir.

2.6. Türkçe Öğretiminde Karakter ve Değerler Eğitimi Alanyazın İncelemesi

Türkçe Ders Kitaplarında Değerler Eğitimi: Bir İçerik Analizi Çalışması Coşkun ve Derse'nin 2021 yılında yayınlanan "Türkçe Ders Kitaplarında Değerler Eğitimi: Bir İçerik Analizi Çalışması" başlıklı bu araştırması, 2019 Türkçe Öğretim Programı'nda yer alan "kök değerlerin" ders kitabı metinlerine nasıl yansıdığını akademik bir çerçevede incelemektedir. Yazarlar, ilgili ders kitaplarında bulunan metinleri doküman incelemesi yöntemiyle detaylıca analiz ederek, hangi değerlerin metinlerde ne sıklıkla temsil edildiğini nicel verilerle ortaya koymuşlardır. Çalışmanın temel çıktısı, ders kitaplarındaki değer dağılımının homojen olmadığını ve bazı değerlerin metinlerde baskın şekilde yer alırken, bazılarının ise göz ardı edildiğini göstermesi olmuştur. Bu tespitler ışığında araştırmacılar, değerler eğitiminin daha dengeli ve etkili bir şekilde gerçekleşebilmesi için ders kitabı metinlerinin seçiminde ve yapılandırılmasında değer çeşitliliğinin gözetilmesi gerektiği yönünde öneriler sunmuşlardır.

Ortaokul Türkçe Ders Kitaplarında Değerler Eğitimi: Metinlerin İncelenmesi

Kadir Alkış tarafından 2021 yılında kaleme alınan bu çalışmada, ortaokul Türkçe ders kitaplarında yer alan metinlerin öğrencilerin karakter gelişimi ve toplumsal değerleri içselleştirmeleri noktasında üstlendikleri rol derinlemesine analiz edilmektedir. Alkış, araştırmasında metin seçimlerinde tür çeşitliliğinin ve tematik zenginliğin değer aktarımı üzerindeki kritik etkisini vurgularken, mevcut ders kitaplarındaki metinlerin değerler eğitimi açısından sahip olduğu güçlü yönleri ve pedagojik açıdan geliştirilmeye açık noktaları somut bulgularla ortaya koymaktadır. Metinlerin yalnızca dil becerisi kazandıran birer araç değil, aynı zamanda değer aktarımında temel bir öğretim materyali olduğunu savunan Alkış, ders kitaplarının hazırlanmasında daha bilinçli ve değer odaklı bir metin seçimi sürecine duyulan ihtiyacın altını çizmektedir.

Türkçe Ders Kitaplarındaki Metinlerin Değerler Eğitimi Bağlamında İncelenmesi

Bulut ve Varol tarafından 2022 yılında gerçekleştirilen bu çalışmada, Türkçe ders kitaplarında yer alan metinlerin öğrencilere kazandırılması hedeflenen değerleri aktarma kapasitesi ve bu değerlerin metinler içerisindeki temsil düzeyleri analiz edilmektedir. Araştırmacılar, kitaplardaki metinleri doküman incelemesi yöntemiyle mercek altına alarak, değerlerin metinlerde ne tür bir işleniş biçimiyle sunulduğunu ve öğretim programındaki "kök değerlerle" ne ölçüde örtüştüğünü ortaya koymaktadırlar. Bulut ve Varol, incelemeleri sonucunda bazı değerlerin metinlerde yoğun olarak işlendiğini, buna karşın bazı temel değerlerin ise yeterince temsil edilmediğini tespit ederek, değerler eğitiminde bir bütünlük sağlanabilmesi adına ders kitabı metinlerinin daha dengeli ve programla uyumlu bir şekilde seçilmesi gerektiğini vurgulamaktadırlar.

BÖLÜM III

YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın modeli, evren ve örneklem, veri toplama araçları, veri toplama süreci, verilerin analizi ve araştırmanın varsayımları hakkında bilgi verilmektedir.

3.1. Araştırma Modeli Bu araştırmada Türkçe Öğretmenliği ile Türk Dili ve Edebiyatı Öğretmenliği bölümlerinde öğrenim gören öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine ilişkin görüşlerini ve sınıf içinde uygulamayı düşündükleri etkinlikleri belirlemek amacıyla karma yöntem araştırma desenlerinden eş zamanlı (yakınsayan) karma desen kullanılmıştır. Bu desende nicel ve nitel veriler aynı zaman diliminde toplanmakta, ayrı ayrı analiz edilmekte ve elde edilen bulgular birlikte yorumlanmaktadır.

Araştırmanın nicel boyutunda öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik görüşlerini belirlemek amacıyla anket uygulanmış, elde edilen veriler istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Araştırmanın nitel boyutunda ise katılımcıların konuya ilişkin düşüncelerini daha ayrıntılı ortaya koyabilmek amacıyla açık uçlu sorular kullanılmıştır. Açık uçlu sorulardan elde edilen veriler betimsel olarak değerlendirilmiştir.

Araştırma aynı zamanda mevcut durumu ortaya koymayı amaçladığından tarama modeline dayanmaktadır.

3.2. Çalışma Grubu Bu araştırmanın çalışma grubunu, 2025–2026 eğitim-öğretim yılında Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesinde öğrenim gören Türkçe Öğretmenliği ile Türk Dili ve Edebiyatı Öğretmenliği programı öğrencilerinden araştırmaya gönüllü olarak katılan ve veri toplama aracını eksiksiz dolduran toplam 119 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Çalışma grubunun belirlenmesinde uygun örnekleme yöntemi kullanılmıştır.

3.3. Veri Toplama Araçları Araştırmanın amacına uygun olarak veri toplamak için çalışmada Türkçe öğretmen adayları ile Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine ilişkin görüşlerini ve sınıf içi yapmayı düşündükleri uygulamalarını tespit etmek amacıyla anket yöntemine başvurulmuştur. Thomas (1998)'a göre anket bireylerin inançlarını, davranış biçimlerini, hayat koşullarını ya da belirli konulara karşı tutumlarını tespit etmeye yönelik olan soru dizisinden oluşan araştırmanın materyalidir. Veri toplama aracı, ilk olarak Okudan (2010) tarafından "Eğitim Yöneticilerinin Değer Eğitimi Yeterliliklerini Algılama Ölçeği" adıyla geliştirilmiştir. Ölçek 3 faktörden ve 31 madde ile 4 açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Ölçeğin birinci bölümünde katılımcılara ilişkin kişisel bilgi formu bulunmaktadır. İkinci bölüm ilkokul ve ortaokullardaki değerler eğitimi uygulamalarına yönelik öğretmen adaylarının görüşlerinin incelenmesi için 3 alt boyuttan oluşmakta ve 4'lü likert türünden toplamda 31 madde içermektedir. Üçüncü bölüm ise öğretmen adaylarının karakter ve değer eğitimine yönelik sınıf içi yapmayı düşündükleri uygulamalarından bahsedilmiştir. Daha sonra "İlkokul ve ortaokullarda görev yapan öğretmenlerin değerler eğitimi uygulamalarına ilişkin görüşlerinin incelenmesi (Uşak ili örneği)" adlı çalışmada Kara (2017) tarafından bu ölçeğe güvenirlik çalışması yapılmıştır. Bu ölçek için hesaplanan Cronbach alfa güvenirlik katsayısı ölçeğin tümü için 0,93 olarak bulunmuştur. Bu verilere göre (>.70) (Büyüköztürk, 2003) ölçümlerin güvenirliğinin yeterli olduğunu söyleyebiliriz.

3.4. Veri Toplama Süreci Bu araştırma Mehmet Akif Ersoy Üniversitesindeki çalışmada Türkçe öğretmen adayları ile Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarına yüz yüze anket toplama yöntemleri ile uygulanmıştır. Bu araştırmaya katılan Türkçe öğretmen adayları ile Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adayları Mehmet Akif Ersoy Üniversitesinde öğrenim görenlerden seçilmiştir. Bu öğretmen adayları ile yüz yüze görüşülerek veriler toplanmıştır. Araştırmada kullanılan anket soruları oldukça açık, anlaşılır ve sadedir. Katılımcıların anketi daha özgür ve çekinmeden doldurabilmeleri için ankete isimler yazılmamıştır. Verilerin toplanması yaklaşık olarak 3 hafta sürmüştür. Anket formlarının uygulanabilmesi için gerekli idari izinler önceden alınmış ve öğretmen adaylarının ankete cevap vermeleri için uygun zamanları gözetilmiştir.

3.5. Verilerin Analizi Anketlerden toplanan veriler bilgisayar ortamına aktarılmış ve SPSS 26.00 programı kullanılarak cinsiyet, bölüm türü , öğrenim görülen sınıf düzeyi ve ayda okunulan kitap sayısı sıklığı değişkenlerine göre analiz edilmiştir. Ayrıca ankette bulunan açık uçlu sorular da frekans ve yüzdelikler kullanılarak analiz edilmiş ve yorumlanmıştır. Verilerin analiz edilirken ve yorumlanırken alanından uzman bir kişiden yardım alınmıştır.

3.6. Araştırmanın Varsayımları Ölçme aracının amaca dönük olduğu ve ölçülmek istenileni gerçek manada ölçtüğü varsayılmıştır. Katılımcıların ölçme aracına gerçek görüşlerini yansıtarak ve samimiyet ile cevap verdiği varsayılmıştır. Ayrıca araştırmanın örnekleminin evreni temsil edebilecek nitelikte olduğu varsayılmıştır.

BÖLÜM IV

BULGULAR

Bu bölümde öncelikle katılımcılara ait demografik özelliklere yer verilmiştir. Daha sonra ise katılımcıların karakter ve değerler eğitimine yönelik deneyimleri ve bu konudaki aldıkları eğitimlerin sonuçları paylaşılmıştır. Son olarak ise çalışmamızın alt problemlerine ait bulgulara yer verilmiştir.

4.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri Öğretmen Adaylarının Karakter ve Değerler Eğitimine Yönelik Görüşleri ve Sınıf İçi Uygulamalarına İlişkin Katılımcıların Genel Yapısına İlişkin Bulgular

Tablo 1. Cinsiyet değişkenine ilişkin frekans ve yüzdelik dağılımlar

Cinsiyet	***f***	**%**
Erkek	31	26,1
Kadın	88	73,9
Toplam	**119**	**100.0**

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının cinsiyet değişkenine göre dağılımına bakıldığında %26,1'inin erkek, geriye kalan %73,9'unun ise kadınlardan oluştuğu görülmektedir.

Tablo 2. Öğrenim görülen sınıf düzeyi değişkenine ilişkin frekans ve yüzdelik dağılımlar

Sınıf	***f***	**%**
3.Sınıf	51	42,9
4.Sınıf	68	57,1
Toplam	**119**	**100,0**

Tablo 2 incelendiğinde araştırmaya katılan öğrencilerin 51'inin (%42,9) 3. sınıfta, 68'inin (%57,1) ise 4. sınıfta öğrenim gördüğü belirlenmiştir.

Tablo 3. Öğrenim görülen bölüm değişkenine ilişkin frekans ve yüzdelik dağılımlar

Bölüm	***f***	**%**
Türkçe	76	63,9
Türk Dili ve Edebiyatı	43	36,1
Toplam	**119**	**100,0**

Tablo 3 incelendiğinde araştırmaya katılan öğrencilerin 76'sının (%63,9) Türkçe Öğretmenliği Bölümünde, 43'ünün (%36,1) ise Türk Dili ve Edebiyatı Bölümünde öğrenim gördüğü belirlenmiştir.

Tablo 4. Ayda okunulan kitap sıklığı değişkenine ilişkin frekans ve yüzdelik dağılımlar

Aylık Kitap Okuma Sıklığı	***f***	**%**
Hiç Okumayan	6	5,0
Ayda 1 Kitap Okuyan	54	45,4
Ayda 2-3 Kitap Okuyan	47	39,5
Ayda 4-5 Kitap Okuyan	8	6,7
Ayda 6 Ve Üzeri Kitap Okuyan	4	3,4
Toplam	**119**	**100,0**

Tablo 4 incelendiğinde katılımcıların 6'sının (%5,0) hiç kitap okumadığı, 54'ünün (%45,4) ayda 1 kitap, 47'sinin (%39,5) ayda 2-3 kitap, 8'inin (%6,7) ayda 4-5 kitap ve 4'ünün (%3,4) ayda 6 ve üzeri kitap okuduğu görülmektedir.

4.2. Öğretmen Adaylarının Karakter ve Değerler Eğitimine Yönelik Görüşleri ve Sınıf İçi Yapmayı Düşündükleri Uygulamalara İlişkin bulgular.

Tablo 5. Katılımcıların karakter ve değerler eğitimine yönelik deneyimleri ve görüşleri.

	f	**%**
1.Karakter ve Değerler Eğitimi içerikli bir bilimsel etkinliğe (Seminer, konferans) katıldım.	74	62,2
2.Karakter ve Değerler eğitimi için üretilen materyalleri takip ederim.	50	42,0
3.Okullarda uygulanan Karakter ve Değerler Eğitiminin nasıl yapıldığını izledim.	62	52,1
4.Karakter ve Değer eğitimi hakkında formal\planlı bir eğitim aldınız mı ?	31	26,1
6.Hiçbiri	15	12,6

Katılımcıların %62,2'sinin karakter ve değerler eğitimi içerikli bir bilimsel etkinliğe katıldığı, %52,1'inin okullarda uygulanan karakter ve değerler eğitimi uygulamalarını gözlemlediği ve %58,0'inin Millî Eğitim Bakanlığı tarafından düzenlenecek hizmet içi değer/ahlak eğitimi faaliyetlerine katılmak istediği görülmektedir. Buna karşılık katılımcıların yalnızca %26,1'i karakter ve değerler eğitimi konusunda formal ya da planlı bir eğitim aldığını belirtirken %12,6'sının ise konuyla ilgili hiçbir çalışmaya veya eğitime katılmadığı anlaşılmaktadır. .

Not: Katılımcılar birden fazla seçeneği işaretleyebildiğinden frekans ve yüzde toplamları %100'ü aşabilmektedir.

4.3. Türkçe Öğretmen Adayları ile Türk Dili Ve Edebiyatı Öğretmen Adaylarının Karakter ve Değerler Eğitimine Yönelik Görüşleri Cinsiyete Göre Anlamlı Bir Farklılık Göstermekte midir? Alt Problemine İlişkin Bulgular

Öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik görüşlerinin cinsiyete göre anlamlı farklılık gösterip göstermediğini ortaya çıkarmak için öncelikle normallik testi yapılmıştır. Yapılan normallik testi sonucunda Skewness-Kurtosis, Kolmogorov-Smirnov, Shapiro- Wilk ve Histogramların sonuçları aşağıda paylaşılmıştır.Değerler Eğitimi Ölçeğinin Tüm boyutunda elde edilen verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla çarpıklık (skewness), basıklık (kurtosis), Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri incelenmiştir. Analiz sonucunda çarpıklık değerinin -0,077 ve basıklık değerinin -0,283 olduğu belirlenmiştir. Bu değerlerin ±1,5 aralığında olması verilerin normal dağılıma uygun olduğunu göstermektedir. Ayrıca Kolmogorov-Smirnov (p=0,200) ve Shapiro-Wilk (p=0,468) test sonuçlarının 0,05'ten büyük olması nedeniyle verilerin normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir. Bu doğrultuda parametrik testlerin kullanılmasının uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Tablo 6. Öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik görüşlerinin cinsiyete göre farklılık gösterip göstermediğinin belirlemek için yapılan T Testi sonuçları.

Cinsiyet	**N**	**X**	**SS**	**P**
Erkek	*31*	*3,289*	0,257	
				0,184
Kadın	88	3,374	0,317	
Toplam	**119**			

Tablo 6 incelendiğinde erkek katılımcıların karakter ve değerler eğitimine ilişkin görüş puan ortalamasının ($\bar{X}$=3,289), kadın katılımcıların puan ortalamasının ise ($\bar{X}$=3,374) olduğu görülmektedir. Bağımsız örneklem t-testi sonucunda katılımcıların görüş puanlarının cinsiyet değişkenine göre anlamlı düzeyde farklılaşmadığı belirlenmiştir [t(117)=-1,338; p=0,184]. Buna göre karakter ve değerler eğitimine ilişkin görüşler üzerinde cinsiyet değişkeninin anlamlı bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

4.4. Türkçe Öğretmen Adayları İle Türk Dili Ve Edebiyatı Öğretmen Adaylarının Karakter ve Değerler Eğitimine Yönelik Görüşleri Eğitim Görülen Bölüme Göre Anlamlı Bir Farklılık Göstermekte midir? Alt Problemine Ait Bulgular

Tablo 7. Öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik görüşlerinin eğitim görülen bölüme göre farklılık gösterip göstermediğinin belirlemek için yapılan T Testi sonuçları

Bölüm	N	X	SS	P
Türkçe Öğretmenliği	76	3,336	,302	0,469
Türk Dili ve Edebiyatı	43	3,378	,308	
Toplam	**119**			

Tablo 7 incelendiğinde, Türkçe Öğretmenliği programında öğrenim gören öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik görüş puanlarının ortalaması $\overline{X} = 3,336$ (SS = ,302) iken; Türk Dili ve Edebiyatı programındaki öğretmen adaylarının puan ortalamasının $\overline{X} = 3,378$ (SS = ,308) olduğu görülmektedir.

Yapılan bağımsız örneklemler t-testi analizi sonucunda, öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik görüşleri arasında öğrenim gördükleri bölüme göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır* [$p > .05$, $p = .469$].

Bu bulguya dayanarak, öğrenim görülen bölüm değişkeninin (Türkçe Öğretmenliği ya da Türk Dili ve Edebiyatı), öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik görüşleri üzerinde belirleyici veya anlamlı bir etkisinin olmadığı* söylenebilir. Her iki branştaki öğretmen adaylarının da karakter ve değerler eğitimine yönelik benzer düzeyde ve paralellikte görüşlere sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.5 Türkçe Öğretmen Adayları İle Türk Dili Ve Edebiyatı Öğretmen Adaylarının Karakter ve Değerler Eğitimine yönelik görüşleri öğrenim görülen sınıf düzeyine göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir? Alt Problemine Ait Bulgular

Tablo 8. Öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik görüşlerinin öğrenim görülen sınıf düzeyine göre farklılık gösterip göstermediğinin belirlemek için yapılan T Testi sonuçları

Sınıf Düzeyi	N	X	SS	P
3.Sınıf	51	3,292	0,232	0,051
4.Sınıf	67	3,397	0,345	
Toplam	**119**			

Tablo 8 incelendiğinde, 4. sınıfta öğrenim gören katılımcıların ortalama puanları (X=3,397, SS = ,345), 3. sınıfta öğrenim gören katılımcıların ortalama puanlarından (X=3,292, SS = ,232) daha yüksek görünmektedir. Ancak yapılan t-testi analizi sonucunda, sınıf düzeyleri arasındaki bu puan farkının istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği belirlenmiştir [t(114,453)=−1,969;p>.05, p=,051].

Bu bulguya dayanarak, sınıf düzeyi değişkeninin katılımcıların ortalama puanları üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Bir başka ifadeyle, 3. ve 4. sınıf öğrencilerinin ilgili ölçekten/testten elde ettikleri ortalama puanlar benzer düzeydedir.

4.6 Türkçe öğretmen adayları ile Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının Karakter ve Değerler Eğitimine yönelik görüşleri ayda okunan kitap sayısı sıklığına göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir? Alt Problemine Ait Bulgular

Tablo 9. Öğretmen adaylarının Karakter ve Değerler Eğitimine yönelik görüşleri ayda okunan kitap sayısı sıklığına göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için yapılan ANOVA Analiz Testi sonuçları.

Kitap Okuma Sıklığı	N	X	P
1 Kitap	54	3,308	
2-3 Kitap	47	3,352	
Hiç	8	3,415	
4-5 Kitap	8	3,524	
6 Ve Üzeri Kitap	2	3,548	
Toplam			,624

Tablo 9 incelendiğinde katılımcıların kitap okuma sıklığı değişkenine göre ortalama puanları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ANOVA analizi sonrasında, grupların kendi aralarındaki dağılımını incelemek üzere Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır .Tukey HSD testi sonuçlarına ait homojen alt küme (homogeneous subsets) tablosu incelendiğinde, tüm kitap okuma gruplarının (1 kitap, 2-3 kitap, hiç, 4-5 kitap ve 6 üzeri) aynı tek bir alt küme (Subset 1) altında toplandığı görülmektedir.Alt kümenin istatistiksel anlamlılık değeri incelendiğinde bu durum net bir şekilde doğrulanmaktadır [$p > .05$, $p = ,624$]. Bu bulgu, kitap okuma sıklığı gruplarının kendi aralarındaki puan farklarının istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak; katılımcıların kitap okuma miktarlarının (hiç okumamaktan 6 kitap ve üzerine kadar), hedef alınan bağımlı değişken ortalamaları üzerinde belirleyici ya da anlamlı

bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Tüm gruplardaki katılımcılar benzer düzeyde görüş/puan ortalamasına sahiptir.

4.7 Öğretmen Adaylarının Karakter ve Değerler Eğitimine Yönelik Gerçekleştirmeyi Düşündükleri Sınıf İçi Uygulamaları Nelerdir? Alt Problemine Ait Bulgular

Tablo 10. Öğretmen adaylarının "Türkçe/Türk Dili ve Edebiyatı öğretmeni olarak dersine gireceğiniz sınıflarda karakter ve değerler eğitimine yönelik uygulamalar yapmayı düşünüyor musunuz?" sorusuna ilişkin görüşleri

	f	**%**
Evet	107	89,9
Hayır	12	10,1
Toplam	**119**	**100,0**

Türkçe/Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının derslerine girecekleri sınıflarda karakter ve değerler eğitimine yönelik uygulamalar yapmayı düşünüp düşünmediklerine ilişkin görüşleri incelendiğinde, katılımcıların %89,9'unun (f=107) bu tür uygulamalar yapmayı düşündüğü, %10,1'inin (f=12) ise düşünmediği belirlenmiştir. Bu sonuç, öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun karakter ve değerler eğitimine yönelik uygulamalara olumlu yaklaştığını göstermektedir.

Bu soruya evet cevabı verenlere "Cevabınız evet ise ne tür uygulamalar yapıyorsunuz" diye alt bir soru sorulduğunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 11. Öğretmenlerin "Cevabınız evet ise ne tür uygulamalar yapıyorsunuz" sorusuna ilişkin görüşleri

Uygulamalar	***f***	***%(N=107)***
Yaratıcı Drama ve Eğitsel Oyun Çalışmaları	44	41,1
Tartışma / Münazara Etkinlikleri	21	19,6
Metin Okuma ve Analizi	19	17,8
Sosyal Sorumluluk Projeleri ve Ekip Çalışmaları	15	14,0
Değer Günlükleri ve Yaratıcı Yazma Çalışmaları	13	12,1
Konferans ve Teorik Ders İle Konunun İşlenmesi	10	9,3
Video/Film İzleme Etkinlikleri	9	8,4
Rol Model Olma	7	6,5
Değerler Panosu Oluşturma	7	3,7
Sınıf İçi Sorumluluk Paylaşımı ve Kurallar Oluşturulması	**3**	**2,8**
	3	**2,8**
Evet Cevabı Verip Fikir Belirtmeyenler	**2**	**1,9**
	1	**0,9**
Kültürel Örf-Adet Etkinlikleri	**1**	**0,9**
Teşekkür Kutusu Oluşturma		
Gezi Etkinlikleri		

Not: Bu soru, karakter ve değerler eğitimine yönelik uygulama yapmayı düşünen 107 katılımcıya yöneltilmiştir. Katılımcılar birden fazla görüş belirtebildikleri için yüzdelerin toplamı %100'ü aşmaktadır.

Karakter ve değerler eğitimine yönelik gerçekleştirmeyi düşündükleri uygulamalara ilişkin öğretmen adaylarının görüşleri incelendiğinde, en fazla tercih edilen uygulamanın drama ve rol oynama etkinlikleri olduğu görülmektedir (%41,1; f=44). Bu uygulamayı sırasıyla tartışma ve münazara (%19,6; f=21), metin okuma ve analizi (%17,8; f=19), sosyal sorumluluk projelerine katılım ve ekip çalışmaları (%14,0; f=15) ile değer günlükleri ve yaratıcı yazma uygulamaları (%12,1; f=13) takip etmektedir.

Bunun yanı sıra öğretmen adayları konferans ve teorik ders anlatımı (%9,3; f=10), video veya film izletme (%8,4; f=9), rol model olma (%6,5; f=7) ve değerler panosu oluşturma (%3,7; f=4) gibi uygulamaları da kullanabileceklerini belirtmişlerdir. Daha az tercih edilen uygulamalar arasında sınıf içi sorumluluk paylaşımı ve kurallar oluşturma (%2,8; f=3), kültürel etkinlikler (%1,9; f=2), teşekkür kutusu (%0,9; f=1) ve gezi etkinlikleri (%0,9; f=1) yer almaktadır. Ayrıca bazı katılımcılar bu konuda herhangi bir fikir belirtmemiştir (%2,8; f=3).

Elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitiminde öğrencilerin aktif katılımını esas alan, deneyim kazanmalarını sağlayan ve etkileşimi artıran uygulamalara ağırlık verdikleri görülmektedir. Özellikle drama ve rol oynama, tartışma ve münazara, metin inceleme ile sosyal sorumluluk projelerinin ön plana çıkması, öğretmen adaylarının değerlerin öğrencilere yalnızca teorik bilgi olarak değil, uygulama ve yaşantılar yoluyla kazandırılması gerektiği görüşünü benimsediklerini göstermektedir. Bu durum, öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik öğrenci merkezli ve yapılandırmacı bir yaklaşımı benimsediklerine işaret etmektedir.

Katılımcıların karakter ve değerler eğitimine ilişkin yapmayı düşündükleri uygulamarı daha ayrıntılı ortaya koyabilmek amacıyla açık uçlu sorulara verdikleri yanıtlardan seçilen örnek ifadeler aşağıda sunulmuştur.

Yine aynı soru içerisinde “Uygulamaların başarılı olup olmadığını belirlemek için neler yapıyorsunuz? Bunları açıklar mısınız?” alt sorusuna verilen cevaplar incelendiğine aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 12. Öğretmen adaylarının "Uygulamaların başarılı olup olmadığını belirlemek için neler yapardınız? Bunları açıklar mısınız?" sorusuna ilişkin görüşleri.

Yöntem	***f***	**%(n=107)**
Öğrenciyi Gözlemleme	59	55,1
Ölçme Değerlendirme ve Geri Dönüt Alma	26	24,3
Akran Değerlendirme Formu	17	15,9
Öz Değerlendirme Formu	13	12,1
Aile Geri Bildirimi	5	4,7
Karakter Analiz Testi Uygulamak	4	3,7
Evet Cevabı Veren Ama Fikir Belirtmeyen	3	2,8
P4C Uygulaması	2	1,9

Not: Bu soru, karakter ve değerler eğitimine yönelik uygulama yapmayı düşünen 107 katılımcıya yöneltilmiştir. Katılımcılar birden fazla görüş belirtebildikleri için yüzdelerin toplamı %100'ü aşmaktadır

Karakter ve değerler eğitimi uygulamalarının başarısını belirlemek amacıyla kullanılabilecek yöntemlere ilişkin öğretmen adaylarının görüşleri incelendiğinde, en fazla tercih edilen yöntemin gözlem olduğu görülmektedir (%55,1; f=59). Bu yöntemi sırasıyla sınav yapma (%24,3; f=26), akran değerlendirme (%15,9; f=17) ve öz değerlendirme (%12,1; f=13) izlemektedir. Bunun yanı sıra katılımcıların bir kısmı aile geri bildirimi alma (%4,7; f=5), karakter analizi yapma (%3,7; f=4) ve P4C uygulamalarından yararlanma (%1,9; f=2) yöntemlerini de belirtmiştir. Ayrıca bazı katılımcılar bu konuda herhangi bir fikir beyan etmemiştir (%2,8; f=3).

Elde edilen bulgular, öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitiminin başarısını belirlemede en çok öğrencilerin davranışlarını doğrudan izlemeye dayalı yöntemleri tercih ettiklerini göstermektedir. Özellikle gözlem yönteminin diğer yöntemlere göre belirgin biçimde ön plana çıkması, karakter ve değerlerin öğrencilerin günlük yaşamlarında sergiledikleri tutum ve davranışlar üzerinden değerlendirilmesinin daha uygun görüldüğüne işaret etmektedir. Bununla birlikte sınav, akran değerlendirme ve öz değerlendirme gibi yöntemlerin de tercih edilmesi, öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitiminin etkililiğini belirlerken farklı değerlendirme araçlarından yararlanmayı önemsediklerini ortaya koymaktadır.

Tablo 13. Öğretmen adaylarının "Karakter ve değerler eğitimine yönelik yapacağınız uygulamaların öğrencilere hangi alanlarda katkı sağlayacağını düşünüyorsunuz?" sorusuna ilişkin görüşleri

Katkı Alanı	***f***	**%(N=119)**
Sosyal ve Ahlaki Düzeyleri	106	89,1
Gelişim Alanları	71	59,7
Temel Beceri Alanları	67	56,3

Not: Katılımcılar birden fazla görüş belirtebildikleri için yüzdelerin toplamı %100'ü aşmaktadır.

Öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik uygulamaların öğrencilere sağlayacağı katkılara ilişkin görüşleri incelendiğinde, katılımcıların büyük çoğunluğunun bu uygulamaların öğrencilerin sosyal ve ahlaki düzeylerinin gelişimine katkı sağlayacağını düşündüğü görülmektedir (%89,1; f=106). Bunun yanında katılımcıların %59,7'si (f=71) karakter ve değerler eğitiminin öğrencilerin gelişim alanlarını destekleyeceğini, %56,3'ü (f=67) ise temel beceri alanlarının gelişimine katkı sağlayacağını ifade etmiştir.

Elde edilen bulgular, öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimini öncelikle öğrencilerin sosyal ve ahlaki gelişimlerini destekleyen bir süreç olarak değerlendirdiklerini göstermektedir. Sosyal ve ahlaki gelişime ilişkin görüşlerin diğer alanlara göre daha yüksek oranda ifade edilmesi, öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitiminin temel işlevini öğrencilerin toplumsal yaşama uyum sağlamaları, etik değerlere sahip bireyler olarak yetişmeleri ve olumlu davranışlar geliştirmeleri şeklinde algıladıklarını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte gelişim alanları ve temel becerilere ilişkin görüşler de karakter ve değerler eğitiminin yalnızca ahlaki kazanımlarla sınırlı görülmediğini, öğrencilerin çok yönlü gelişimlerini destekleyen bütüncül bir eğitim süreci olarak değerlendirildiğini göstermektedir.

4.8 Öğretmen Adaylarının Karakter ve Değerler Eğitiminde Velilerin De Dahil Edilmesine Yönelik Görüşleri Nelerdir? Alt Problemine Ait Bulgular

Tablo 14. Öğretmenlerin "Sınıflarınızda yapacağınız uygulamalara öğrenci velileri de dahil edilmeli mi? sorusuna ilişkin görüşleri

Görüş	***f***	**%**
Evet	86	72,3
Hayır	33	27,7
Toplam	**119**	**100,0**

Öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik sınıf içi uygulamalara öğrenci velilerinin dâhil edilmesine ilişkin görüşleri incelendiğinde, katılımcıların büyük çoğunluğunun velilerin bu sürece dâhil edilmesi gerektiğini düşündüğü görülmektedir (%72,3;

f=86). Buna karşılık katılımcıların %27,7'si (f=33) velilerin uygulamalara dâhil edilmemesi gerektiğini ifade etmiştir.

Elde edilen bulgular, öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitiminin yalnızca okul ortamında yürütülen bir süreç olmadığını, ailelerin de bu sürecin önemli bir paydaşı olduğunu düşündüklerini göstermektedir. Velilerin sürece dâhil edilmesini savunan katılımcılar, karakter ve değerlerin öğrenciler tarafından kalıcı biçimde kazanılmasında okul-aile iş birliğinin önemli bir rol oynadığı görüşünü benimsemektedir. Bununla birlikte katılımcıların yaklaşık dörtte birinin velilerin sürece dâhil edilmesine olumlu yaklaşmaması, karakter ve değerler eğitiminin daha çok okul ve öğretmen sorumluluğunda yürütülmesi gerektiğini düşünen bir grubun da bulunduğunu göstermektedir.

Bu soruya evet cevabı verenlere "Öğrenci velilerini hangi uygulamalara dahil ediyorsunuz?" diye sorulduğunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 15. Öğretmen adaylarının "Cevabınız evet ise öğrenci velileri nasıl ve hangi katkılarda bulunabilir?" sorusuna ilişkin görüşleri

Katkı Türü		***f***	**%**
		42	47,7
İş Birliği ve Aile İçi Uygulamalar		14	15,9
		11	12,5
Ders İçi ve Dışı Etkinliklere Katılım Gösterme		9	10,2
		6	6,8
Rol Model Olma		3	3,4
		2	2,3
Gözlem ve Geri Bildirim Verme		1	1,1
Çocuklarına Maddi ve Manevi İmkan Sağlama			
Cevabı Evet ama Fikir Belirtmeyen			
Aile Günleri			
Sosyal Sorumluluk Projelerine Katılım			
Toplam		**88**	**100,0**

Öğretmen adaylarının, karakter ve değerler eğitimi sürecinde öğrenci velilerinin sağlayabileceği katkılara ilişkin görüşleri incelendiğinde, katılımcıların yaklaşık yarısının velilerin iş birliği içerisinde aile içi uygulamalar gerçekleştirebileceğini düşündüğü görülmektedir (%47,7; f=42). Bunu ders içi ve ders dışı etkinliklere katılım (%15,9; f=14), rol model olma (%12,5; f=11) ve gözlem yaparak geri bildirim verme (%10,2; f=9) görüşleri izlemektedir. Bunun yanı sıra katılımcıların bir kısmı velilerin çocuklarına destek olmaları gerektiğini (%6,8; f=6), aile günleri etkinliklerine katılabileceklerini (%2,3; f=2) ve sosyal

sorumluluk projelerinde yer alabileceklerini (%1,1; f=1) ifade etmiştir. Ayrıca katılımcıların %3,4'ü (f=3) bu konuda herhangi bir görüş belirtmemiştir.

Elde edilen bulgular, öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitiminin etkili biçimde yürütülebilmesi için ailelerin sürece aktif olarak katılması gerektiğini düşündüklerini göstermektedir. Özellikle aile içi uygulamaların ve velilerin çocuklarına rol model olmalarının ön plana çıkması, karakter ve değerlerin kazandırılmasında aile ortamının önemli bir role sahip olduğuna işaret etmektedir. Bu durum, öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimini okul-aile iş birliği temelinde değerlendirdiklerini ortaya koymaktadır.

BÖLÜM V

TARTIŞMA – SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Tartışma

Bu araştırmada, Türkçe ve Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının karakter ve değerler eğitimine ilişkin görüşleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, öğretmen adaylarının büyük bir çoğunluğunun değerler eğitimini, öğretim sürecinin ayrılmaz ve önemli bir parçası olarak gördüğünü ortaya koymuştur. Katılımcılar; Türkçe ile Türk Dili ve Edebiyatı derslerinin yalnızca dil becerileri ve edebiyat öğretimiyle sınırlı kalmaması gerektiğini, aynı zamanda öğrencilerin ahlaki, sosyal ve kültürel gelişimlerine zemin hazırlayan çok boyutlu bir alan olduğunu ifade etmişlerdir.

Söz konusu bu sonuç, alan yazındaki benzer çalışmaların bulgularıyla paralellik göstermektedir. Örneğin Coşkun ve Derse (2021), Türkçe ders kitaplarında yer alan metinlerin değerler eğitimi açısından işlevsel birer araç olduğunu ve öğretmenlerin bu metinleri değer kazandırma sürecinde etkili bulduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde Uzun ve Alkış (2021) de ders kitaplarındaki metinlerin hem dil öğretimi hem de kültürel ve ahlaki değerlerin aktarımı noktasında kritik bir işlev üstlendiğini ifade etmiştir. Bu doğrultuda, mevcut araştırmadaki öğretmen adaylarının Türkçe ve edebiyat derslerini değerler eğitimi bağlamında merkezi bir konumda değerlendirmesi, alan yazındaki bu çalışmaların sonuçlarıyla örtüşmektedir.

Araştırma sonuçlarından bazı öğretmen adaylarının değerler eğitimi konusunda kendilerini teorik veya pratik açıdan tam anlamıyla hazır hissetmediklerini, yeterli uygulama deneyimine sahip olmadıklarını ve bu alanda daha fazla eğitsel desteğe ihtiyaç duyduklarını da göstermektedir. Bu çarpıcı sonuç, öğretmen yetiştirme lisans programlarında değerler eğitimine yönelik teorik derslerin yanı sıra uygulama temelli ve mikro-öğretim destekli süreçlerin artırılması gerektiğine işaret etmektedir. Nitekim Bulut ve Varol (2022) tarafından yapılan çalışmada da öğretmen adaylarının değerler eğitimine yönelik uygulama düzeyinde

eksiklikler ve kaygılar yaşadığı, bu eksikliğin giderilmesi adına lisans eğitimindeki pratik uygulama modüllerinin güçlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

5.2. Sonuç

Araştırma sonucunda Türkçe Öğretmen Adayları ile Türk Dili ve Edebiyatı Öğretmen Adaylarının karakter ve değerler eğitimine yönelik olumlu tutumlara sahip oldukları belirlenmiştir. Katılımcılar, değerler eğitiminin öğretim sürecinin ayrılmaz bir parçası olduğunu ve özellikle metin temelli öğretimle etkili şekilde gerçekleştirilebileceğini ifade etmişlerdir.

Ayrıca öğretmen adaylarının, Türkçe ve edebiyat derslerinin değer aktarımı açısından güçlü bir potansiyele sahip olduğunu düşündükleri ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte uygulama deneyimi eksikliğinin, değerler eğitiminin sınıf içi uygulamaya aktarılmasında önemli bir sınırlılık oluşturabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Genel olarak araştırma bulguları, Türkçe ve Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının değerler eğitimini önemli gördüklerini ve bu alanın öğretim sürecinde aktif olarak yer alması gerektiğini ortaya koymaktadır.

5.3. Öneriler

Araştırmadan elde edilen bulgular ve ulaşılan sonuçlar doğrultusunda aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

- **Müfredat ve Program Geliştirmeye Yönelik Öneriler:**
    1. Öğretmen yetiştirme lisans programlarında, değerler eğitiminin teorik boyutunun yanı sıra pratik yansımalarını da içeren uygulama tabanlı derslerin sayısına ve ağırlığına daha fazla yer verilmelidir.
    2. Türkçe ve Türk Dili ve Edebiyatı öğretmen adaylarının değer aktarımı becerilerini somutlaştırmak amacıyla, öğretmen yetiştirme süreçlerinde mikro-öğretim (micro-teaching) uygulamalarından etkin bir şekilde yararlanılmalıdır.
    3. Eğitim fakültelerindeki derslerde, farklı edebi tür ve metinlerin değerler eğitimi odağında sınıf içinde nasıl işleneceğine, analiz edileceğine ve aktarılacağına dair rehber niteliğinde örnek ders tasarımları ve materyalleri artırılmalıdır.
- **Uygulama ve Paydaşlara Yönelik Öneriler:**

    4. Öğretmen adaylarının okul deneyimi ve öğretmenlik uygulaması derslerinde değerler eğitimi temalı etkinlikler tasarlamaları teşvik edilerek, sahada daha fazla deneyim kazanmaları desteklenmelidir.

5. Üniversiteler bünyesinde öğretmen adaylarına yönelik, milli eğitim bünyesinde ise görev yapan öğretmenlere yönelik değerler eğitimi odaklı çalıştay, atölye çalışması ve seminer programları düzenlenmelidir.

- **Gelecek Araştırmalara Yönelik Öneriler:**

6. Bu araştırma tek bir üniversite örnekleminde gerçekleştirilmiştir; gelecek çalışmalarda farklı üniversite ve bölgelerdeki öğretmen adaylarının katılımıyla daha geniş ölçekli ve karşılaştırmalı araştırmalar planlanabilir.

7. Bu araştırma Türkçe Öğretmen adayları ile Türk Dili ve Edebiyatı Öğretmen adayları ile gerçekleştirilmiştir. Gelecek araştırmalarda Türkçe Öğretmenleri ile Türk Dili ve Edebiyatı öğretmenleri arasında uygulanabilir.

KAYNAKÇA

- **Aydın, M.** (2008). Gençliğin değer algısı: Konya örneği. *Göller Bölgesi Tekno-Ekonomik Gelişim Sempozyumu*, Isparta.
- **Aydın, M. Z.** (2008). *Ailede Çocuğun Ahlak Eğitimi* (6. Baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- **Aydın, M. ve Gürler, A.** (2014). *Karakter ve değerler eğitimi: Teoriden uygulamaya*. Pegem Akademi.
- **Aydın, M. Z. ve Akyol Gürler, Ş.** (2014). *Okulda Değerler Eğitimi*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- **Bağcı, H.** (2011). Türkçe öğretiminde edebi metinlerin değer aktarımındaki rolü. *Eğitim ve Bilim*, 36(160), 112-124.
- **Bulut, S. ve Varol, M.** (2022). Öğretmen adaylarının değerler eğitimi yeterlikleri ve uygulamaya yönelik görüşlerinin incelenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 47(210), 45-67.
- **Bulut, S. ve Varol, S.** (2022). Öğretmen adaylarının değerler eğitimine yönelik öz yeterlilik algıları ile kaygı düzeylerinin incelenmesi. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 10(3), 245-267.
- **Cihan, N.** (2014). Okullarda karakter eğitimi ve Türkiye'deki uygulamalar. *Değerler Eğitimi Dergisi*, 12(27), 311-334.
- **Coşkun, H. ve Derse, G. E.** (2021). Türkçe ders kitabındaki metinlerin değerler eğitimi açısından incelenmesi ve öğretmen görüşlerine göre değerlendirilmesi. *Değerler Eğitimi Dergisi*, 19(41), 9-35.
- **Coşkun, M. ve Derse, N.** (2021). Türkçe ders kitaplarındaki metinlerin kök değerler açısından incelenmesi ve öğretmen görüşleri. *Ana Dili Eğitimi Dergisi*, 9(2), 412-430.
- **Çileli, M.** (1986). *Ahlak psikolojisi ve ahlak eğitimi*. Varlık Yayınları.
- **Doğanay, A.** (2006). Değerler eğitimi. Hayat Bilgisi ve Sosyal Bilgiler Öğretimi içinde (ss. 255-286). Pegem A Yayıncılık.
- **Ekşi, H.** (2003). Temel insani değerlerin kazandırılmasında bir yaklaşım: Karakter eğitimi programları. *Değerler Eğitimi Dergisi*, 1(1), 79-96.
- **Ekşi, H. ve Katılmış, A.** (2011). *Karakter ve değerler eğitimi: Kulaktan kulağa değerler eğitimi yöntemi*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- **Kafadar, O., Akçay, S. ve Toksoy, A. C.** (2013). Edebiyat eğitiminin karakter inşasındaki ve değer aktarımındaki işlevi. *Kuramsal Eğitimbilim Dergisi*, 6(3), 345-362.
- **Kara, B.** (2017). *İlköğretim okullarında değerler eğitimi uygulamalarına ilişkin öğretmen görüşleri* (Yüksek Lisans Tezi). Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uşak.
- **Kara, M.** (2017). *İlkokul ve ortaokullarda görev yapan öğretmenlerin değerler eğitimi uygulamalarına ilişkin görüşlerinin incelenmesi (Uşak ili örneği)* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Uşak Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- **Karacoşkun, M. D.** (2013). Değerler eğitiminde yöntem sorunları ve yaklaşımlar. *Cumhuriyet Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, 17(1), 45-68.
- **Karasar, N.** (2009). *Bilimsel araştırma yöntemi*. Nobel Yayın Dağıtım.
- **Kayan, M. F.** (2022). Okullarda karakter ve değerler eğitimi: Sorunlar ve pedagojik çözümler. *Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi*, 6(1), 12-28.
- **Kayan, M. F.** (2022). Yükselen Bir Değer: Karakter Eğitimi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (40), 256-280.
- **Milli Eğitim Bakanlığı [MEB].** (2005). *İlköğretim Türkçe dersi (1-5. sınıflar) öğretim programı ve kılavuzu*. Devlet Kitapları Müdürlüğü.
- **Okudan, H.** (2010). *Eğitim yöneticilerinin değer eğitimi yeterliliklerini algılama ölçeğinin geliştirilmesi ve uygulanması* (Yayımlanmamış doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- **Öğülmüş, S.** (2024). *Eğitim psikolojisinde şahsiyet, kişilik ve karakter inşası*. Ankara Üniversitesi Yayınları.
- **Sukamolsen, S.** (2010). Fundamentals of quantitative research. *Language Institute Journal*, 4, 1-20.
- **Tezcan, M.** (2011). Eğitimin gizli müfredatı olarak değerler ve öğretmen rolü. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(2), 512-528.
- **Türk Dil Kurumu [TDK].** (2019). *Türkçe sözlük*. Türk Dil Kurumu Yayınları. http://sozluk.gov.tr
- **Uzun, A. ve Alkış, S.** (2021). Türkçe öğretiminde metinler aracılığıyla değer aktarımı ve dilsel işlevsellik. *Ana Dili Eğitimi Dergisi*, 9(3), 612-628.
- **Uzun, E. ve Alkış, S.** (2021). Türk dili ve edebiyatı öğretmen adaylarının değer aktarım mekanizmalarına yönelik algıları. *Değerler Eğitimi Dergisi*, 19(42), 185-214.
- **Üredi, L.** (2016). Öğretmen adaylarının değer algıları ve değerler eğitimine yönelik tutumları. *Uluslararası Eğitim Programları ve Öğretim Çalışmaları Dergisi*, 6(11), 89-104.
- **Yazıcı, K.** (2014). Değerlerin tanımı ve sınıflandırılması. *Sosyal Bilgilerde Değerler Eğitimi* içinde (ss. 1-24). Pegem Akademi.
- **Yazıcı, K.** (2014). Akademik açıdan değerler eğitimi üzerine bir değerlendirme. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 209-223.

PRİMER AÇIK AÇILI GLOKOM HASTALARINDA METABOLİK BİR BELİRTEÇ OLARAK TYG İNDEKSİ

Dr. Öğr. Üyesi Büşra ÇALIŞKAN
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilimdalı, ERZURUM
drbusracaliskan@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-2350-184X (B Caliskan)

Özet

Amaç: İnsülin direnci retinal gangliyon hücre ölümü, trabeküler ağ disfonksiyonu ve artmış intraoküler basınç üzerinden glokom patogenezine katkıda bulunmaktadır. Son zamanlarda Trigliserid/Glikoz İndeksi (TyG) ve TG/HDL-c gibi lipit temelli indeksler, insülin direncinin, kardiyovasküler ve metabolik riskin güvenilir bir göstergesi olarak öne sürülmüştür. Bu çalışmanın amacı primer açık açılı glokom (PAAG) hastalarında metabolik belirteç olarak serum lipid profilleri, TyG ve TG/HDL-c indekslerini değerlendirmektir.

Yöntemler: Çalışmaya toplam 69 katılımcı dahil edildi; 32'si PAAG tanılı hasta grubunu oluşturuken 37'si ise kontrol grubunu oluşturdu. Tüm hastaların demografik, klinik ve laboratuvar verileri retrospektif olarak analiz edildi. Serum lipid profilleri ve lipid indeksleri hesaplandı ve kaydedildi (total kolesterol, LDL-C, HDL-C ve trigliseritler, TyG ve TG/HDL-c). Tüm sonuçları karşılaştırmak için istatistiksel analizler, regresyon analizleri ve ROC analizi yapıldı.

Bulgular:

Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında PAAG grubunun TyG ve TG/HDL-c indeksi önemli ölçüde daha yüksekti (p = 0,005/p=0.044). Serum lipid profilleri gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermedi (p> 0,05). (Tablo1)

Yaş, cinsiyet, hipertansiyon varlığı için düzeltilen lojistik regresyon analizi, TyG indeksinin PAAG gelişimi için bağımsız bir risk faktörü olduğunu gösterdi (OR = 4,52 %95 CI:1.311-15.593, p = 0,017). ROC analizinde TyG indeksinin çalışma gruplarını ayırt etme gücü istatistiksel olarak zayıf ama anlamlıydı (AUC=0,676; %95 GA: 0,550–0,802; p=0,012). TG/HDL-c oranının ayırt edici performansı ise istatistiksel anlamlılığa ulaşmadı (AUC=0,631; %95 GA: 0,499–0,763; p=0,062). (Fig1)

Sonuç: TyG indeksi, PAAG varlığıyla önemli ölçüde ilişkili ve klinik uygulama için değerli bir biyobelirteç olarak hizmet edebilir. Diğer lipid parametreleriyle ilişki bulunmaması, PAAG gelişiminde metabolik stresin önemini vurgulamaktadır. Bu bulguları doğrulamak için daha büyük ölçekli çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Primer Açık açılı glokom, metabolik stres, Trigliserit/glukoz indeksi, lipidler.

Tablo1: Katılımcıların demografik ve laboratuar verileri

Değişken	Kontrol (n=37)	Hasta (n=32)	p	Test
Yaş (yıl)	64,8 ± 11,1	62,9 ± 13,3	0,508	t-test
Cinsiyet (E/K)	27 / 10	15 / 18	0,036*	Ki-kare
HDL-K (mg/dL)	49,0 (41,0–58,0)	55,0 (45,0–60,0)	0,189	Mann-Whitney U
Trigliserid (mg/dL)	100,0 (82,0–128,0)	144,0 (100,0–176,0)	0,003*	Mann-Whitney U
Açlık glikozu (mg/dL)	89,0 (81,0–107,0)	86,0 (78,0–102,0)	0,874	Mann-Whitney U
LDL-K (mg/dL)	114,9 ± 29,7	115,9 ± 28,5	0,887	t-test
Total kolesterol (mg/dL)	186,8 ± 37,9	207,7 ± 48,2	0,050*	t-test
TyG indeksi	8,47 ± 0,46	8,78 ± 0,44	0,005*	t-test
TG/HDL-K oranı	0,32 ± 0,19	0,42 ± 0,21	0,044*	t-test
HbA1c (%)	5,60 (5,50–5,80)	5,80 (5,50–6,40)	0,196	Mann-Whitney U

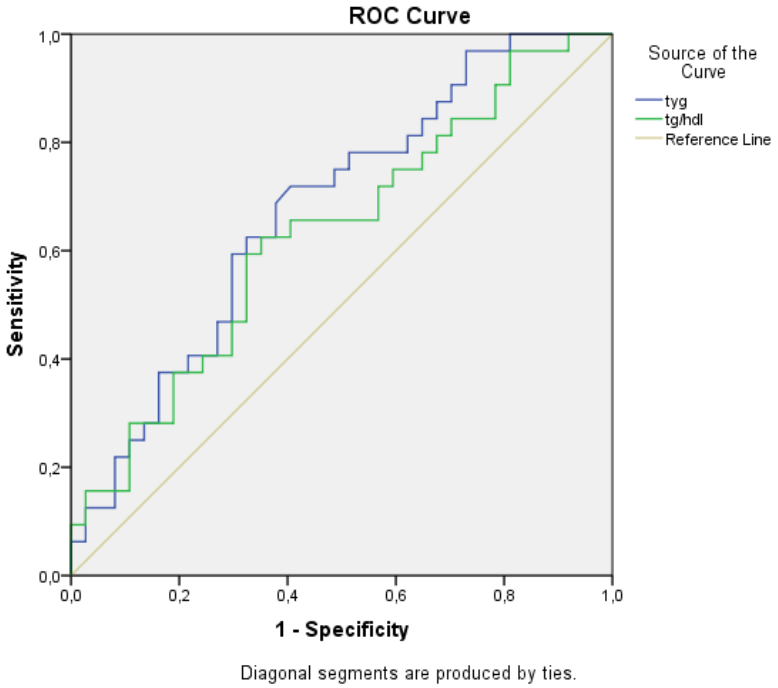


Figure 1: TyG indeksi ile TG/HDL-c indeksleri için ROC analizi

	AUC (%95 GA)	p	Cut-off	Duyarlılık	Özgüllük	Youden J
TyG	0,676 (0,550–0,802)	0,012*	≥8,5261	%68,8	%62,2	0,310
TG/HDL	0,631 (0,499–0,763)	0,062	≥0,3567	%62,5	%64,9	0,274

SEQUENCE-DEPENDENT EFFECTS OF SEQUENTIAL GEMCITABINE AND DOXORUBICIN TREATMENT IN PC-3 PROSTATE CANCER CELLS

Assist. Prof. Dr. Mürüvvet Abbak[1]
[1a]Aydin Adnan Menderes University, Kocarli Vocational School, Laboratory Technologies Department, Koçarlı, Aydın
[1b]Aydin Adnan Menderes University, Science Technology Research and Application Center, Efeler, Aydın
ORCID ID: 0000-0001-7743-6265, e-mail: muruvvet.abbak@adu.edu.tr
Assist. Prof. Dr. Hakan Tekeli[2]
[2]Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Gölhisar Vocational School of Health Services, Pharmacy Services Department, Gölhisar, Burdur
ORCID ID: 0000-0002-9004-5696, e-mail: htekeli@mehmetakif.edu.tr

ABSTRACT

Gemcitabine (GEM) is a nucleoside analogue that inhibits DNA synthesis, whereas doxorubicin (DOX) exerts antineoplastic effects primarily through topoisomerase II inhibition, DNA damage, and oxidative stress. Sequential administration of these agents may influence the response to the second drug through cellular alterations induced by the initial treatment. This study aimed to investigate the sequence-dependent effects of GEM and DOX in PC-3 prostate cancer cells. Based on preliminary dose evaluations, 0.2 µM GEM and 0.5 µM DOX were selected for sequential treatment experiments. PC-3 cells were exposed to the first chemotherapeutic agent for 24 h. Subsequently, the drug-containing medium was removed, cells were washed twice with PBS, and the second agent was administered to establish GEM→DOX and DOX→GEM sequential treatment groups. Treatment-induced alterations in cell density, spreading, rounding, and detachment were assessed microscopically. Crystal violet staining was used to evaluate adherent cells, whereas propidium iodide (PI) staining was used to assess loss of membrane integrity. GEM and DOX treatments were associated with reduced cell density and marked morphological alterations. Sequential treatments resulted in decreased cell spreading, increased rounding and detachment, and loss of normal cellular morphology. Crystal violet staining revealed a reduction in the adherent cell population, while PI staining showed increased fluorescence consistent with loss of membrane integrity. Comparison of treatment sequences demonstrated a more pronounced cellular damage profile following 0.5 µM DOX→0.2 µM GEM than 0.2 µM GEM→0.5 µM DOX treatment. These findings indicate that the cellular response of PC-3 cells to GEM and DOX is influenced by treatment sequence. The more pronounced morphological alterations, adherent cell loss, and membrane integrity changes observed with DOX→GEM suggest that initial DOX exposure may modulate the subsequent cellular response to GEM.

Keywords: Doxorubicin, Gemcitabine, PC-3, Sequential treatment.

ACHILLEA MILLEFOLIUM EKSTRESİ İÇEREN VAJİNAL EMÜLJEL FORMÜLASYONLARININ GELİŞTİRİLMESİ VE *IN VITRO/EX VIVO* KARAKTERİZASYONU

Dr. Öğr. Üyesi İmren ESENTÜRK-GÜZEL
University of Health Sciences, Hamidiye Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Technology, 34668, İstanbul, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-4069-2035
Ecz. Fatma Zehra Betül KOLCU
University of Health Sciences, Hamidiye Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Technology, 34668, İstanbul, Türkiye
ORCID ID: 0009-0005-5541-1661

ÖZET

Vulvovajinal atrofi, menopozla ilişkili yaygın bir durum olup lokal olarak uygulanan hormonal olmayan yaklaşımlar alternatif bir tedavi stratejisi sunabilir. *Achillea millefolium*, *in vitro* östrojenik aktivitesi bildirilmiş ve fitoöstrojenik bileşikler açısından potansiyel taşıyan bir tıbbi bitkidir. Bu çalışmada, *Achillea millefolium*'un sulu ekstresini (Nurbal Şifa Merkezi, Türkiye) içeren vajinal emüljel formülasyonlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ekstrenin fenolik profili LC-MS/MS yöntemiyle karakterize edilmiş; luteolin-7-O-glukozit, apigenin, klorojenik asit, apigenin-7-glukozit ve kinik asit başlıca bileşikler olarak belirlenmiştir. Ekstre içeren sekiz yağ/su tipi emüljel; jelleştirici polimerler olarak Carbopol ve HPMC, yüzey etkin madde olarak Tween 80, kosolvan olarak PEG 400 ve yağ fazı bileşenleri olarak Capryol 90 ile *Vitis vinifera* çekirdeği yağı kullanılarak hazırlanmıştır. Formülasyonlar damlacık büyüklüğü, polidispersite indeksi (PDI), pH ve fiziksel stabilite açısından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda ileri karakterizasyon için iki formülasyon seçilmiştir. Seçilen formülasyonların ortalama damlacık büyüklükleri sırasıyla 507,9 ± 12,6 ve 311,4 ± 8,7 nm, PDI değerleri 0,122 ± 0,018 ve 0,094 ± 0,011, pH değerleri ise 4,67 ± 0,05 ve 4,81 ± 0,04 olarak belirlenmiştir. Her iki formülasyon da artan kayma hızıyla viskozitenin azaldığı psödoplastik akış davranışı göstermiştir. Tekstür profil analizi uygun mekanik özelliklere işaret ederken, koyun vajinal mukozası kullanılarak gerçekleştirilen *ex vivo* biyoadezyon çalışmalarında her iki formülasyonun da mukoadezif özellik gösterdiği belirlenmiştir. Fiziksel stabilite 30 gün boyunca oda sıcaklığında (25 ± 2 °C) ve buzdolabı koşullarında (4 ± 2 °C) değerlendirilmiş ve belirgin bir fiziksel instabilite gözlenmemiştir. Genel olarak, geliştirilen *Achillea millefolium* ekstresi içeren emüljeller uygun fizikokimyasal, reolojik, mekanik ve mukoadezif özellikler göstermiş olup lokal vajinal uygulama açısından potansiyel taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: *Achillea millefolium*, fitoöstrojen, vajinal emüljel, *ex vivo* mukoadezyon

DEVELOPMENT AND *IN VITRO*/*EX VIVO* CHARACTERIZATION OF VAGINAL EMULGEL FORMULATIONS CONTAINING *ACHILLEA MILLEFOLIUM* EXTRACT

ABSTRACT

Vulvovaginal atrophy is a common condition associated with menopause, for which locally applied non-hormonal approaches may offer an alternative therapeutic strategy. *Achillea millefolium* is a medicinal plant with reported *in vitro* estrogenic activity and potential as a source of phytoestrogenic compounds. This study aimed to develop vaginal emulgel formulations containing the aqueous extract of *Achillea millefolium* (Nurbal Şifa Merkezi, Türkiye). The phenolic profile of the extract was characterized by LC-MS/MS, with luteolin-7-O-glucoside, apigenin, chlorogenic acid, apigenin-7-glucoside, and quinic acid identified as the major compounds. Eight oil-in-water emulgels containing the extract were prepared using Carbopol and HPMC as gelling polymers, Tween 80 as a surfactant, PEG 400 as a cosolvent, and Capryol 90 and *Vitis vinifera* seed oil as oil-phase components. The formulations were evaluated for droplet size, polydispersity index (PDI), pH, and physical stability. Based on these evaluations, two formulations were selected for further characterization. The selected formulations exhibited mean droplet sizes of 507.9 ± 12.6 and 311.4 ± 8.7 nm, PDI values of 0.122 ± 0.018 and 0.094 ± 0.011, and pH values of 4.67 ± 0.05 and 4.81 ± 0.04, respectively. Both formulations exhibited pseudoplastic (shear-thinning) flow behavior, with viscosity decreasing as shear rate increased. Texture profile analysis indicated suitable mechanical characteristics, while *ex vivo* mucoadhesion studies using sheep vaginal mucosa revealed mucoadhesive properties for both formulations. Physical stability was evaluated for 30 days at room temperature (25 ± 2 °C) and under refrigerated conditions (4 ± 2 °C), with no relevant physical instability observed. Overall, the developed emulgels containing *Achillea millefolium* extract exhibited suitable physicochemical, rheological, mechanical, and mucoadhesive characteristics, supporting their potential for local vaginal delivery.

Keywords: *Achillea millefolium*, phytoestrogen, vaginal emulgel, *ex vivo* mucoadhesion

ORTODONTİK MİNİ VİDALARDA KLİNİK BAŞARIYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER VE KOMPLİKASYONLARIN YÖNETİMİ

Uzm. Dt. Mustafa ÖZDEMİR
Gaziantep Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı, Gaziantep,Türkiye
ORCID ID: 0009-0004-6373-9336
Prof.Dr.Ayşegül Güleç
Gaziantep Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı, Gaziantep,Türkiye
ORCID ID:0000-0001-8838-1546

ÖZET

Ortodontik mini vidalar, geçici iskeletsel ankraj sağlayarak diş hareketlerinin daha öngörülebilir biçimde kontrol edilmesine olanak veren ve güncel ortodonti pratiğinde yaygın kullanılan yardımcı elemanlardır. Konvansiyonel ankraj yöntemlerine kıyasla hasta uyumuna daha az bağımlı olmaları, küçük boyutları, farklı anatomik bölgelere yerleştirilebilmeleri ve tedavi sonunda kolaylıkla uzaklaştırılabilmeleri önemli avantajlarıdır. Bununla birlikte mini vida başarısı yalnızca kullanılan vidanın özellikleriyle açıklanamaz; kemik kalitesi ve kortikal kemik kalınlığı, yerleştirme bölgesi, kök komşuluğu, yumuşak doku özellikleri, oral hijyen, cerrahi teknik, primer stabilite, uygulanan ortodontik kuvvet ve klinisyen deneyimi gibi çok sayıda değişken birlikte rol oynar. Bu derlemenin amacı, ortodontik mini vidaların klinik başarı ve başarısızlığını etkileyen temel faktörleri güncel literatür doğrultusunda değerlendirmek, sık karşılaşılan komplikasyonları sınıflandırmak ve komplikasyonların önlenmesi ile yönetimine yönelik klinik bir çerçeve sunmaktır. Literatür, mini vidaların genel olarak yüksek başarı oranlarına sahip olduğunu; ancak kök teması, uygun olmayan yerleştirme alanı, peri-implant yumuşak doku inflamasyonu ve yetersiz primer stabilitenin başarısızlık riskini artırabildiğini göstermektedir. Özellikle interradiküler yerleştirmelerde köklerle güvenli mesafenin korunması, keratinize dişeti tercih edilmesi, atraumatik teknik kullanılması ve tedavi boyunca hijyenin sürdürülmesi klinik başarı açısından önem taşımaktadır. Sonuç olarak mini vida destekli ankraj, doğru olgu seçimi ve biyomekanik planlama ile güvenilir bir yöntemdir; başarıyı artırmak için anatomik, cerrahi ve ortodontik faktörlerin birlikte değerlendirilmesi gerekir.

Anahtar kelimeler: Ortodontik mini vida, geçici ankraj aygıtı, iskeletsel ankraj, primer stabilite, komplikasyon

FACTORS AFFECTING CLINICAL SUCCESS OF ORTHODONTIC MINISCREWS AND MANAGEMENT OF COMPLICATIONS

ABSTRACT

Orthodontic miniscrews are auxiliary devices widely used in contemporary orthodontic practice, providing temporary skeletal anchorage and enabling more predictable control of tooth movement. Compared with conventional anchorage methods, their major advantages include reduced dependence on patient compliance, small dimensions, the possibility of placement in various anatomical regions, and easy removal at the end of treatment. However, the success of miniscrews cannot be explained solely by their design characteristics; multiple variables, including bone quality and cortical bone thickness, insertion site, root proximity, soft-tissue characteristics, oral hygiene, surgical technique, primary stability, applied orthodontic force, and clinician experience, may collectively influence clinical outcomes. The aim of this review is to evaluate the main factors affecting the clinical success and failure of orthodontic miniscrews based on the current literature, classify commonly encountered complications, and provide a clinical framework for their prevention and management. The literature indicates that miniscrews generally have high success rates; however, root contact, unfavorable insertion sites, peri-implant soft-tissue inflammation, and inadequate primary stability may increase the risk of failure. Particularly in interradicular placement, maintaining a safe distance from the roots, preferring keratinized gingiva, using an atraumatic insertion technique, and maintaining adequate oral hygiene throughout treatment are important for clinical success. In conclusion, miniscrew-supported anchorage is a reliable method when appropriate case selection and biomechanical planning are performed; however, anatomical, surgical, and orthodontic factors should be evaluated together to maximize clinical success.

Keywords: Orthodontic miniscrew, temporary anchorage device, skeletal anchorage, primary stability, complication

GİRİŞ

Ankraj kontrolü, ortodontik tedavinin temel biyomekanik bileşenlerinden biridir. İstenmeyen diş hareketlerinin sınırlandırılması ve planlanan hareketin yeterli büyüklükte elde edilmesi, özellikle maksimum ankraj gerektiren çekimli vakalarda, molar distalizasyonunda, intrüzyon mekaniklerinde ve asimetrik diş hareketlerinde tedavinin sonucunu doğrudan etkiler. Geleneksel ankraj yöntemleri transpalatal ark, Nance apareyi, lingual ark ve ağız dışı apareyler gibi dişsel veya ekstraoral desteklerden yararlanır. Bu yöntemlerin bir kısmı ankraj ünitesinde reaktif hareket oluşturabilir; ağız dışı apareyler ise hasta kooperasyonuna bağımlıdır. Geçici ankraj aygıtlarının geliştirilmesiyle birlikte ortodontik kuvvetlerin doğrudan kemiğe

aktarılması ve dişlerden bağımsız bir ankraj noktası oluşturulması mümkün olmuştur (Reynders et al. 2009; Alharbi et al. 2019).

Ortodontik mini vidalar; küçük çaplı, çoğunlukla titanyum alaşımlı, tedavi süresince geçici olarak kemikte tutulan ve osseointegrasyon zorunluluğu olmaksızın mekanik stabiliteden yararlanan ankraj elemanlarıdır. Klinik uygulamada anterior retraksiyon, molar distalizasyonu veya mezializasyonu, molar intrüzyonu, açık kapanış tedavisi, gömülü dişlerin sürdürülmesi, orta hat düzeltmeleri ve protez öncesi diş hareketleri gibi çok sayıda endikasyonda kullanılabilir. Sistematik derlemeler mini vidaların ankraj etkinliğinin konvansiyonel yöntemlerden daha iyi olabildiğini ve özellikle maksimum ankraj gereken vakalarda molarların istenmeyen mezial hareketini azaltabildiğini göstermektedir (Liu et al. 2020).

Mini vidaların klinik başarısı literatürde farklı tanımlanmıştır. Bazı çalışmalarda tedavi boyunca hareketlilik göstermeden ağızda kalması başarı kabul edilirken, bazı çalışmalarda hafif mobiliteye rağmen planlanan ankraj görevini yerine getirmesi yeterli görülmüştür. Bu farklılıklar bildirilen başarı oranlarının geniş bir aralıkta değişmesine neden olur. Bununla birlikte klinik çalışmaların çoğunda başarı oranları %80'in üzerindedir (Reynders et al. 2009). Başarısızlık genellikle erken mobilite, progresif gevşeme, ağrı veya inflamasyon nedeniyle vidanın çıkarılması ya da ortodontik ankraj görevini sürdürememesi şeklinde ortaya çıkar.

Mini vida başarısını tek bir faktöre bağlamak doğru değildir. Hastaya ait biyolojik özellikler, yerleştirme bölgesinin anatomisi, kortikal kemiğin kalınlığı, vida çapı ve uzunluğu, yerleştirme açısı, kök komşuluğu, yumuşak doku tipi, cerrahi travma, uygulanan kuvvet ve hijyen koşulları birbirleriyle etkileşim içindedir. Bu nedenle klinisyen açısından asıl amaç yalnızca 'uygun vidayı' seçmek değil, olguya özgü anatomik ve biyomekanik koşulları birlikte değerlendirmektir (Chen et al. 2009; Casaña-Ruiz et al. 2020). Bu derlemede mini vidaların klinik başarısını etkileyen faktörler ve komplikasyonların önlenmesi ile yönetimi klinik uygulamaya dönük biçimde ele alınmıştır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışma, ortodontik mini vidaların başarı faktörleri ve komplikasyonlarını ele alan anlatısal bir literatür derlemesi olarak hazırlanmıştır. Konunun klinik kapsamını oluşturmak amacıyla PubMed/MEDLINE'da 'orthodontic miniscrew', 'mini-implant', 'temporary anchorage device', 'success', 'failure', 'risk factor', 'root contact', 'complication' ve 'anchorage' anahtar sözcükleri ve bunların kombinasyonları esas alınmıştır. Sistematik derlemeler, meta-analizler, klinik çalışmalar ve konuya ilişkin temel derlemeler öncelikli olarak değerlendirilmiştir. Çalışmalar;

başarı oranı, hasta ile ilişkili faktörler, anatomik bölge, vida geometrisi, yerleştirme tekniği, yükleme ve komplikasyonlar başlıkları altında incelenmiştir.

Bu derleme birincil hasta verisi içermemekte, herhangi bir klinik müdahale veya deneysel işlem gerçekleştirmemektedir. Bu nedenle sunulan sayısal değerler ve klinik çıkarımlar yayımlanmış çalışmaların bulgularına dayanmaktadır. Çalışmalar arasında mini vida tipi, başarı tanımı, takip süresi ve yerleştirme bölgeleri açısından belirgin heterojenlik bulunduğundan, veriler yeni bir meta-analiz altında birleştirilmemiş; klinik açıdan tutarlı bulgular nitel olarak sentezlenmiştir.

3.1. Genel başarı ve klinik etkinlik

Mini vidaların klinik kullanımındaki temel beklenti, planlanan ortodontik kuvveti yeterli süre boyunca taşıyabilecek stabil bir ankraj noktası sağlamasıdır. Erken sistematik derlemelerde başarı oranlarının çalışma tasarımına ve başarı tanımına göre değiştiği, ancak çalışmaların çoğunda %80'in üzerinde olduğu bildirilmiştir (Reynders et al. 2009). Cerrahi faktörleri inceleyen bir sistematik derlemede alveoler interradiküler bölgelerde bildirilen başarı oranları yaklaşık %87,7-97 aralığında bulunmuştur (Migliorati et al. 2018). Bu veriler mini vidaların genel olarak güvenilir olduğunu göstermekle birlikte, başarısızlığın tamamen ortadan kaldırılamadığını ve klinik protokolün önemini ortaya koymaktadır.

3.2. Hastaya ait faktörler

Yaş, cinsiyet, sistemik durum, sigara kullanımı, oral hijyen ve periodontal dokuların durumu hasta ile ilişkili değişkenler arasında değerlendirilir. Literatürde yaş ve cinsiyetin etkisi konusunda tam bir görüş birliği yoktur. Posterior mini vidalara odaklanan bir alt grup meta-analizinde 20 yaş ve üzerindeki bireylerde başarı oranlarının daha yüksek olabileceği bildirilmiş, cinsiyet ise belirleyici bir faktör olarak bulunmamıştır (Hong et al. 2016). Buna karşılık daha yeni çalışmaların sonuçları, hasta demografisinin tek başına güçlü ve tutarlı bir belirleyici olmadığını göstermektedir. Bu nedenle yaşın etkisi kemik maturasyonu, kortikal kalınlık ve yerleştirme alanıyla birlikte yorumlanmalıdır.

Oral hijyen klinik açıdan özel önem taşır. Mini vida çevresinde plak birikimi, mukozal inflamasyon, kanama ve hiperplazi görülebilir. İnflamasyonun ilerlemesi peri-implant dokuların sağlığını bozarak mobilite riskini artırabilir. Özellikle hareketli alveoler mukozadan yapılan yerleştirmelerde yumuşak doku irritasyonu ve plak kontrolü güçlüğü daha belirgin olabilir. Bu nedenle mümkün olduğunda keratinize/attached gingiva içerisinden yerleştirme, hastaya bölgeye özel hijyen eğitimi verilmesi ve kontrollerde inflamasyonun erken saptanması önerilir.

3.3. Anatomik bölge ve kemik özellikleri

Primer stabilitenin temel belirleyicilerinden biri kortikal kemikle mekanik temastır. Kortikal kemik kalınlığı ve yoğunluğu, üst ve alt çenede ve farklı interradiküler alanlarda değişiklik gösterir. Bu farklılıklar mini vidanın yerleştirme torkunu ve ilk stabilitesini etkileyebilir. Çok yüksek yoğunluklu kortikal kemikte aşırı tork ve mikrohasar riski ortaya çıkabilirken, çok ince kortekste yeterli mekanik tutuculuk sağlanamayabilir. Bu nedenle klinik ve radyografik değerlendirmede yalnızca interradiküler mesafe değil, kemiğin üç boyutlu yapısı da dikkate alınmalıdır.

Yerleştirme alanına göre başarısızlık oranları değişebilir. Papageorgiou ve arkadaşlarının sistematik derleme ve meta-analizinde midpalatal yerleşimlerde düşük başarısızlık oranları bildirilmiş; bazı bukkal ve zigomatik bölgelerde oranların daha yüksek olabildiği gösterilmiştir. Aynı çalışmada kök temasının interradiküler mini vidalarda başarısızlık riskini belirgin biçimde artırdığı bildirilmiştir (Papageorgiou et al. 2018). Bu bulgu, yerleştirme öncesi kök konumunun dikkatli değerlendirilmesinin önemini destekler.

3.4. Vida geometrisi, çap ve uzunluk

Mini vidaların çapı, uzunluğu, gövde şekli, yiv tasarımı ve self-drilling veya self-tapping özellikleri primer stabiliteyi etkileyebilir. Daha geniş çap mekanik tutuculuğu artırabilir; ancak kökler arası güvenli alanı azaltır ve yerleştirme sırasında kök temas riskini yükseltebilir. Daha uzun vidalar daha fazla kemik teması sağlayabilir, fakat anatomik yapılara yaklaşma riskini de artırır. Bu nedenle 'daha büyük vida daha başarılıdır' şeklinde genelleme yapmak uygun değildir.

3.5. Yerleştirme tekniği, açı ve tork

Mini vida yerleştirmesi minimal invaziv bir işlem olmakla birlikte teknik ayrıntılar sonuç üzerinde belirleyicidir. Aseptik çalışma, uygun lokal anestezi, giriş noktasının doğru belirlenmesi ve yerleştirme sırasında vida ekseninin kontrol edilmesi önemlidir. İnterradiküler bölgede köklerden uzaklaşmak amacıyla yerleştirme açısının değiştirilmesi kemik temasını artırabilir; ancak aşırı eğim vida ucunun istenmeyen anatomik bölgelere yönelmesine yol açabilir. Bu nedenle açı, anatomik alana ve biyomekanik hedefe göre seçilmelidir.

Yerleştirme torku primer stabilite hakkında klinik bilgi verir, fakat 'ne kadar yüksek tork o kadar iyi' yaklaşımı doğru değildir. Çok düşük tork yetersiz mekanik tutuculuğu, aşırı yüksek tork ise kortikal kemikte mikroçatlakları veya vida deformasyonunu düşündürebilir. Reynders ve arkadaşlarının sistematik derlemesi, belirli bir maksimum tork aralığının üstünlüğünü kesin olarak kanıtlamak için kanıtların sınırlı olduğunu göstermiştir (Reynders et al. 2012). Bu

nedenle tork değeri, vida çapı, kemik yoğunluğu ve üretici önerileriyle birlikte değerlendirilmelidir.

3.6. Kök teması ve dental komplikasyonlar

Kök teması mini vida uygulamalarında en önemli anatomik komplikasyonlardan biridir. Vida köke yaklaştığında periodontal ligament hasarı, sement yüzeyinde travma, ağrı ve stabilite kaybı gelişebilir. Sistematik derlemeler kök temasının başarısızlıkla güçlü biçimde ilişkili olduğunu göstermektedir (Papageorgiou et al. 2018; Migliorati et al. 2018). Bu nedenle yerleştirme sırasında beklenmeyen direnç değişikliği, keskin ağrı veya radyografik şüphe varlığında vida konumu yeniden değerlendirilmelidir.

Diş kökü yaralanmalarını inceleyen bir derlemede çoğu hasarın kök yüzeyinde sınırlı kaldığı ve mini vidanın zamanında uzaklaştırılmasından sonra sement benzeri tamir dokusuyla iyileşebildiği; ancak nadiren daha ciddi pulpal veya periodontal sonuçların ortaya çıkabileceği belirtilmiştir (Maino et al. 2023). Kök perforasyonu şüphesi varsa kuvvet uygulanmamalı, vida çıkarılmalı veya güvenli bir bölgeye yeniden yerleştirilmeli ve ilgili diş klinik/radyografik olarak takip edilmelidir. Pulpa vitalitesi, perküsyon hassasiyeti ve periodontal bulgular izlemde değerlendirilmelidir.

3.7. Yumuşak doku komplikasyonları ve hijyen

Mini vida çevresinde kızarıklık, ödem, kanama, mukozal büyüme ve ağrı en sık karşılaşılan yumuşak doku sorunlarıdır. Vida başının hareketli mukozaya gömülmesi veya uzun bağlantı elemanlarının yanağı tahriş etmesi hasta konforunu azaltabilir. Önlemede doğru transmukozal boyun yüksekliği seçimi, vida başının temizlenebilir konumda bırakılması ve kuvvet elemanlarının yumuşak dokuyu sıkıştırmaması önemlidir.

3.8. Yükleme ve ortodontik biyomekanik

Mini vidalar osseointegre dental implantlardan farklı olarak primer mekanik stabiliteye dayanır. Bu özellik, uygun koşullarda erken veya hemen ortodontik yüklemeye izin verebilir. Bununla birlikte kuvvetin yönü ve büyüklüğü, vida ekseni ve kortikal kemikle olan ilişki göz önünde bulundurularak planlanmalıdır. Aşırı veya kontrolsüz kuvvet, özellikle primer stabilitenin sınırda olduğu durumlarda mikrohareketi artırabilir.

3.9. Başarısız mini vidanın yönetimi

Mini vidada belirgin mobilite gelişmesi her zaman acil çıkarma gerektirmese de, mobilitenin progresif olması veya ankraj işlevini bozması başarısızlık olarak kabul edilmelidir. İlk aşamada kuvvet azaltılabilir veya geçici olarak kaldırılabilir, çevre dokular temizlenebilir ve oklüzal ya

da yumuşak doku travması araştırılabilir. Stabilite geri kazanılmıyorsa vida çıkarılmalıdır. Çıkarma işlemi genellikle ters yönde kontrollü rotasyonla kolayca yapılabilir.

3.10. Klinik uygulama için özet yaklaşım

Mini vida planlamasında ilk adım, istenen diş hareketi ve kuvvet vektörünün belirlenmesidir. Ardından ankraj noktasının biyomekanik olarak en avantajlı ve anatomik olarak en güvenli bölgesi seçilmelidir. Kökler arası mesafe, kortikal kemik, komşu anatomik yapılar ve yumuşak doku tipi değerlendirilir. Vida çapı ve uzunluğu bu anatomik sınırlara göre seçilir. Yerleştirme sırasında atraumatik teknik ve kontrollü tork uygulanır; işlem sonrasında stabilite, yumuşak doku ve hijyen düzenli olarak takip edilir.

SONUÇ

Ortodontik mini vidalar, modern ortodontide konvansiyonel ankraj yöntemlerinin sınırlarını azaltan, küçük boyutlu ve çok yönlü geçici iskeletsel ankraj elemanlarıdır. Mevcut literatür, doğru endikasyon ve uygun teknikle yüksek klinik başarı elde edilebildiğini göstermektedir. Bununla birlikte başarı; vida tasarımından daha geniş bir çerçevede, hasta özellikleri, anatomik bölge, kortikal kemik, kök komşuluğu, yumuşak doku, cerrahi teknik, primer stabilite, kuvvet sistemi ve hijyenin ortak etkisiyle belirlenir.

Kök teması, peri-implant inflamasyon ve yetersiz primer stabilite klinik başarısızlık açısından özellikle dikkat edilmesi gereken durumlardır. Güvenli yerleştirme alanının radyografik olarak değerlendirilmesi, uygun vida boyutunun seçilmesi, atraumatik ve kontrollü yerleştirme, temizlenebilir bir yumuşak doku çıkış noktası oluşturulması ve düzenli takip başarı olasılığını artırır. Komplikasyon geliştiğinde erken tanı ve neden odaklı müdahale, hem mini vidanın hem de komşu dental yapıların korunması açısından önemlidir.

Sonuç olarak mini vida destekli ankraj, tek başına bir materyal seçimi değil, anatomik planlama ile ortodontik biyomekaniğin bütünleştirildiği bir klinik süreç olarak ele alınmalıdır. Gelecekte standart başarı tanımlarının kullanıldığı, yerleştirme protokollerinin ve uzun dönem komplikasyonların karşılaştırıldığı yüksek kaliteli klinik çalışmalar, kanıt düzeyinin güçlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Alharbi, F., Almuzian, M., & Bearn, D. (2019). Anchorage effectiveness of orthodontic miniscrews compared to headgear and transpalatal arches: A systematic review and meta-analysis. Acta Odontologica Scandinavica, 77(2), 88–98. https://doi.org/10.1080/00016357.2018.1508742

Alharbi, F., Almuzian, M., & Bearn, D. (2018). Miniscrews failure rate in orthodontics: Systematic review and meta-analysis. European Journal of Orthodontics, 40(5), 519–530. https://doi.org/10.1093/ejo/cjx093

Casaña-Ruiz, M. D., Bellot-Arcís, C., Paredes-Gallardo, V., García-Sanz, V., Almerich-Silla, J. M., & Montiel-Company, J. M. (2020). Risk factors for orthodontic mini-implants in skeletal anchorage biological stability: A systematic literature review and meta-analysis. Scientific Reports, 10, 5848.

Chen, Y., Kyung, H. M., Zhao, W. T., & Yu, W. J. (2009). Critical factors for the success of orthodontic mini-implants: A systematic review. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 135(3), 284–291.
Cunha, A. C., Freitas, A. O. A., Marquezan, M., & Nojima, L. I. (2017). How do geometry-related parameters influence the clinical performance of orthodontic mini-implants? A systematic review and meta-analysis. International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 46(12), 1539–1551.
Fayed, M. M. S., Pazera, P., & Katsaros, C. (2013). Optimal sites for orthodontic mini-implant placement assessed by cone beam computed tomography. Angle Orthodontist, 83(2), 225–232.
Hong, S. B., Kusnoto, B., Kim, E. J., BeGole, E. A., Hwang, H. S., & Lim, H. J. (2016). Prognostic factors associated with the success rates of posterior orthodontic miniscrew implants: A subgroup meta-analysis. Korean Journal of Orthodontics, 46(2), 111–126. https://doi.org/10.4041/kjod.2016.46.2.111
Inchingolo, A. M., Malcangi, G., Costa, S., Fatone, M. C., Avantario, P., Campanelli, M., Piras, F., Patano, A., Ferrara, I., Di Pede, C., Netti, A., de Ruvo, E., Palmieri, G., Settanni, V., Carpentiere, V., Tartaglia, G. M., Bordea, I. R., Lorusso, F., Sauro, S., ... Dipalma, G. (2023). Tooth complications after orthodontic miniscrews insertion. International Journal of Environmental Research and Public Health, 20(2), 1562. https://doi.org/10.3390/ijerph20021562
Mohammed, H., Wafaie, K., Rizk, M. Z., Almuzian, M., Sosly, R., & Bearn, D. R. (2018). Role of anatomical sites and correlated risk factors on the survival of orthodontic miniscrew implants: A systematic review and meta-analysis. Progress in Orthodontics, 19, 36. https://doi.org/10.1186/s40510-018-0225-1
Papageorgiou, S. N., Zogakis, I. P., & Papadopoulos, M. A. (2012). Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: A meta-analysis. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 142(5), 577–595.e7. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.05.016
Reynders, R., Ronchi, L., & Bipat, S. (2009). Mini-implants in orthodontics: A systematic review of the literature. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 135(5), 564.e1–564.e19.
Reynders, R. A. M., Ronchi, L., Ladu, L., van Etten-Jamaludin, F., & Bipat, S. (2012). Insertion torque and success of orthodontic mini-implants: A systematic review. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 142(5), 596–614.e5.

HASTA İZLEMİ VE GÜVENLİĞİNDE GİYİLEBİLİR İNOVATİF SAĞLIK TEKNOLOJİLERİ

Hem. Ramazan DEMİROĞLU
Tarsus University, Faculty of Science, Department of Nursing, 33400, Tarsus, Mersin
ORCID ID: 0009-0001-4534-6596
Dr. Öğr. Üyesi, Nadiye BARIŞ EREN
Tarsus University, Faculty of Science, Department of Nursing, 33400, Tarsus, Mersin
ORCID ID: 0000-0002-1935-244X

ÖZET

Bu bildirinin amacı, hasta izlemi ve güvenliğini desteklemeye yönelik geliştirilen güncel giyilebilir inovatif sağlık teknolojilerini incelemek ve bu teknolojilerin sağlık bakımı açısından potansiyel katkılarını ortaya koymaktır. Bu doğrultuda, Türk Patent ve Marka Kurumu'nun resmi veri tabanında yer alan 2026 yılı patent ve faydalı model başvuruları incelenmiş ve giyilebilir nitelikte olduğu değerlendirilen buluşlar ele alınmıştır. İncelenen buluşlar arasında; göğüs duvarının farklı bölgelerinden solunum seslerini eş zamanlı olarak algılayarak akustik akciğer haritası oluşturmayı ve elde edilen verilerin uzaktan izlenebilmesini amaçlayan "Akciğer Ses Haritalaması İçin En Az Bir Giyilebilir Unsur İçeren Bir Sistem"; skolyozlu bireylerde gövde duruşu, korse-vücut temas basıncı ve hareket durumunu çoklu sensörlerle gerçek zamanlı olarak izleyen, uygunsuz postür veya hatalı kullanım durumunda kullanıcıya anlık geri bildirim sağlayan "Skolyoz Takibine Yönelik Çoklu Sensörlü Giyilebilir Korse Sistemi" ve bireyin kimlik, hastalık ve acil durumda iletişim kurulacak kişilere ait bilgilerine internet bağlantısı gerektirmeden erişilebilmesine yönelik "Çevrimdışı Karekod İçeren Bileklik Yapılanması" yer almaktadır. Çoklu sensörlü giyilebilir korse sistemi; eğrilik, lokal temas basıncı ve hareket verilerini birlikte değerlendirerek yalnızca korsenin kullanımını değil, kullanım kalitesi ve postür uygunluğunu da izlemeyi, anlık geri bildirim sağlamayı ve verileri mobil cihaz üzerinden görüntülenebilir hale getirmeyi amaçlamaktadır. Çevrimdışı karekodlu bileklik ise özellikle afet ve acil durumlarda iletişim altyapısının kullanılamadığı koşullarda kimlik ve sağlıkla ilişkili temel bilgilere erişimi desteklemeye yönelik olup; Alzheimer hastaları, kendini ifade edemeyen engelli bireyler ve afet sonrası iletişim kuramayan kişiler gibi farklı gruplarda kullanım potansiyeli taşımaktadır. Sonuç olarak, incelenen buluşlar giyilebilir sağlık teknolojilerinin fizyolojik verilerin izlenmesinden postür ve tedavi uyumunun değerlendirilmesine, acil durumlarda bireyin tanımlanması ve sağlık bilgilerine erişimin desteklenmesine kadar farklı kullanım alanlarına sahip olduğunu göstermektedir. Bu teknolojilerin hasta izleminin sürekliliğini, bireyin kendi bakımına katılımını ve hasta güvenliğini destekleme potansiyeli taşıdığı; bununla birlikte kişisel sağlık verilerinin

kullanıldığı uygulamalarda veri güvenliği ve mahremiyetin gözetilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Giyilebilir teknoloji, hasta izlemi, hasta güvenliği, inovasyon, dijital sağlık

INNOVATIVE WEARABLE HEALTH TECHNOLOGIES FOR PATIENT MONITORING AND SAFETY

ABSTRACT

This paper aims to examine recent innovative wearable health technologies developed to support patient monitoring and safety and to highlight their potential contributions to healthcare. For this purpose, patent and utility model applications filed in 2026 and available in the official database of the Turkish Patent and Trademark Office were reviewed, with a focus on inventions characterized as wearable technologies. The inventions examined included “A System Including at Least One Wearable Element for Lung Sound Mapping” which is designed to simultaneously detect respiratory sounds from different regions of the chest wall, generate an acoustic lung map, and enable remote monitoring of the resulting data; “A Multi-Sensor Wearable Brace System for Scoliosis Monitoring” which uses multiple sensors to monitor body posture, brace–body contact pressure, and movement status in real time and provides immediate feedback in cases of inappropriate posture or improper brace use; and “A Wristband Structure Containing an Offline QR Code” which enables access to an individual’s identification, health condition, and emergency contact information without requiring an internet connection. The multi-sensor wearable brace system integrates curvature, local contact pressure, and movement data to monitor not only brace use but also the quality of use and postural appropriateness, while providing real-time feedback and enabling data visualization via a mobile device. The offline QR-code wristband is intended to facilitate access to essential identification and health-related information, particularly in disasters and emergencies where communication infrastructure may be unavailable, and has potential applications for various groups, including individuals with Alzheimer’s disease, individuals with disabilities who are unable to communicate, and those unable to communicate following a disaster. Overall, the inventions reviewed demonstrate that wearable health technologies have diverse potential applications, ranging from physiological monitoring and the assessment of posture and treatment adherence to supporting individual identification and access to health information in emergency situations. These technologies may contribute to continuity of patient monitoring, patient participation in care, and patient safety; however, data security and privacy should be carefully considered in applications involving personal health information.

Keywords: Wearable technology, patient monitoring, patient safety, innovation, digital health

GİRİŞ

Sağlık teknolojilerindeki gelişmeler, hastaya ilişkin verilerin yalnızca sağlık kuruluşunda ve belirli değerlendirme zamanlarında elde edildiği geleneksel yaklaşımın ötesine geçerek bireyin günlük yaşamı içerisinde izlenmesine olanak sağlayan sistemlerin geliştirilmesine yol açmaktadır (Pyper et al., 2023). Özellikle sensörler, kablosuz iletişim sistemleri ve giyilebilir cihazların sağlık hizmetlerine entegrasyonu; fizyolojik değişkenlerin izlenmesi, tedaviye uyumun değerlendirilmesi ve güvenlikle ilişkili bilgilerin erişilebilir hale getirilmesi açısından yeni olanaklar sunmaktadır.

Giyilebilir sağlık teknolojileri farklı amaçlara yönelik tasarlanabilmektedir. Bu teknolojiler, fizyolojik parametrelerin yanı sıra hareketle ilişkili verilerin sürekli veya tekrarlı biçimde izlenmesine olanak sağlayabilmektedir (Tegegne et al., 2026). Bazı sistemler hastadan sürekli veya tekrarlı fizyolojik veri toplarken, bazıları postür, hareket veya kullanılan tedavi araçlarının uygunluğunu izlemekte; bazı giyilebilir çözümler ise acil durumlarda hasta kimliği ve sağlıkla ilişkili temel bilgilere hızlı erişimi desteklemektedir. Bu nedenle giyilebilir teknoloji kavramı yalnızca fizyolojik sensörlere dayalı sistemlerle sınırlı değildir.

Bu çalışmada incelenen patent dokümanlarında bu çeşitlilik açık biçimde görülmektedir. Akciğer ses haritalama sistemi, akciğerin farklı bölgelerinden gelen seslerin eş zamanlı ve çok kanallı biçimde algılanarak akustik bir haritaya dönüştürülmesine yönelikken; skolyoz korsesi postür, temas basıncı ve hareket verilerinin bir arada değerlendirilmesine dayanmaktadır. Çevrimdışı karekodlu bileklik ise sensör temelli izlemden farklı olarak bireyin kimlik, hastalık ve acil iletişim bilgilerine internet bağlantısı bulunmayan durumlarda dahi erişilmesini amaçlamaktadır.

Hemşirelik ve sağlık bakımı açısından bu teknolojiler; hastanın durumundaki değişikliklerin izlenmesi, bakımın sürekliliğinin desteklenmesi, bireyin günlük yaşam içerisinde kendi sağlık sürecine katılımının artırılması ve acil durumlarda güvenliğin desteklenmesi gibi farklı alanlarla ilişkilendirilebilir. Giyilebilir teknolojilerin bireyin kendi sağlık yönetimine katılımını desteklemeye yönelik kullanımı da giderek genişleyen bir araştırma alanıdır (Haleem et al., 2024).

Bu çalışmanın amacı, 2026 yılı patent ve faydalı model başvuruları içerisinde hasta izlemi ve güvenliğine yönelik seçilmiş giyilebilir inovatif sağlık teknolojilerini incelemek ve bu teknolojilerin sağlık bakımına olası katkılarını değerlendirmektir.

YÖNTEM

Bu çalışma, doküman incelemesine dayalı tanımlayıcı nitelikte gerçekleştirilmiştir. Temmuz 2026'da gerçekleştirilen tarama kapsamında, Türk Patent ve Marka Kurumu'nun resmi veri tabanında yer alan patent ve faydalı model başvuruları incelenmiştir. Tarama sırasında "Buluş Özeti" alanına "hasta" anahtar kelimesi yazılmış ve sonuçlar 2026 yılı ile sınırlandırılmıştır. Elde edilen patent ve faydalı model başvuruları, hemşirelik uygulamaları ve hasta bakımı ile ilişkileri açısından değerlendirilmiştir.

Tarama sonucunda ulaşılan başvurular arasından hasta izlemi, güvenlik ve giyilebilir sağlık teknolojileriyle ilişkili olduğu değerlendirilen üç buluş çalışma kapsamına alınmıştır. Bunlar; "Akciğer Ses Haritalaması İçin En Az Bir Giyilebilir Unsur İçeren Bir Sistem", "Skolyoz Takibine Yönelik Çoklu Sensörlü Giyilebilir Korse Sistemi" ve "Çevrimdışı Karekod İçeren Bileklik Yapılanması"dır.

Seçilen dokümanlar; buluşun amacı, teknik özellikleri, ürettiği veya erişilebilir hale getirdiği bilgi türü, kullanım alanı, kullanıcıya/sağlık profesyoneline sağladığı geri bildirim ve hasta güvenliği ile sağlık bakımına olası katkıları açısından incelenmiştir. Patent ve faydalı model dokümanlarında belirtilen yararlar klinik etkinlik bulguları olarak değerlendirilmemiş; buluşların tasarım amaçları ve öngörülen kullanım alanları doğrultusunda ele alınmıştır.

BULGULAR

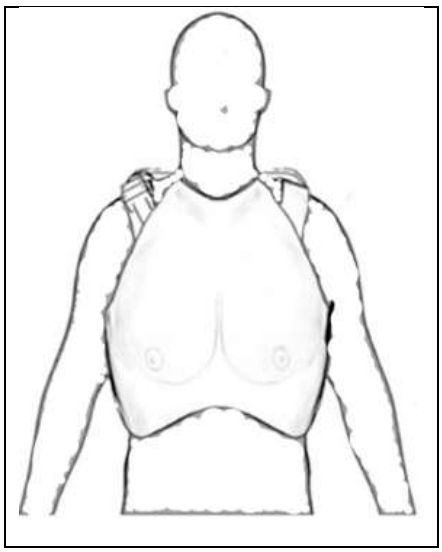
1. Akciğer Ses Haritalaması İçin En Az Bir Giyilebilir Unsur İçeren Bir Sistem

Bu buluş, solunum sırasında oluşan akciğer seslerinin giyilebilir bir sistem aracılığıyla çoklu anatomik noktalardan algılanmasına ve elde edilen seslerden akustik bir akciğer haritası oluşturulmasına yönelik geliştirilmiştir. Sistem, pasif dinleme yöntemiyle akciğerin farklı loblarından gelen sesleri eş zamanlı ve çok kanallı olarak analiz etmeyi amaçlamaktadır.

Giyilebilir unsur tercihen yelek biçimindedir ve ses algılama birimlerinin tıbbi sınıf silikon veya poliüretan pedler aracılığıyla vücutla temas etmesi öngörülmektedir. Sistemdeki ses algılama birimlerinden elde edilen veriler işlenerek solunum fonksiyonlarındaki ve havalanma dağılımındaki değişikliklerin değerlendirilmesine yönelik bilgi üretmesi amaçlanmaktadır. Patent dokümanında mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda ventilatör ayarları ve akciğer havalanmasındaki dinamik değişikliklerin izlenmesi gibi kullanım alanları da tanımlanmaktadır.

Bu teknoloji sağlık bakımı açısından değerlendirildiğinde, klasik tek noktalı oskültasyondan farklı olarak akciğerin birden fazla bölgesinden aynı anda veri elde edilmesine yönelik bir yaklaşım sunmaktadır.

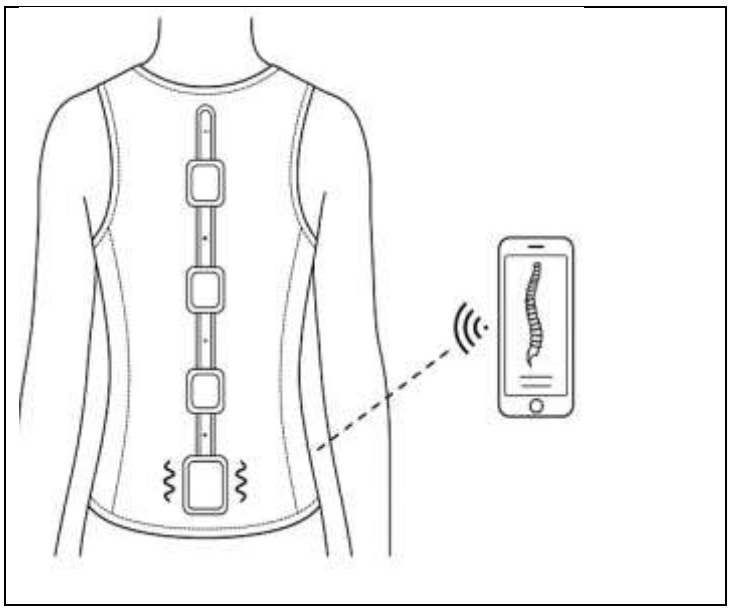
Özellikle hastanın yer değiştirmesinin güç olduğu durumlarda, yatak başında veya sağlık kuruluşu dışındaki ortamlarda solunum durumunun izlenmesini destekleyebilecek bir sistem olarak değerlendirilebilir (Şekil 1). Bununla birlikte patent dokümanında belirtilen tanısal kullanım alanlarının klinik doğruluk ve güvenilirliğinin araştırmalarla doğrulanması gerekmektedir.



Şekil 1. Akciğer Ses Haritalaması İçin En Az Bir Giyilebilir Unsur İçeren Bir Sistem

2. Skolyoz Takibine Yönelik Çoklu Sensörlü Giyilebilir Korse Sistemi

Bu buluş, skolyozlu bireylerde geleneksel korsenin pasif mekanik destek işlevine ek olarak postür, korse-vücut temas basıncı ve hareket durumunun izlenmesine yönelik çoklu sensörlü bir giyilebilir sistemdir (Şekil 2).



Şekil 2. Skolyoz Takibine Yönelik Çoklu Sensörlü Giyilebilir Korse Sistemi

Patent dokümanında klasik korselerin günlük yaşam içerisindeki postür değişikliklerini, gövde eğim sapmalarını veya korse-vücut temas basıncındaki değişiklikleri objektif ve sürekli biçimde izleyemediği belirtilmektedir.

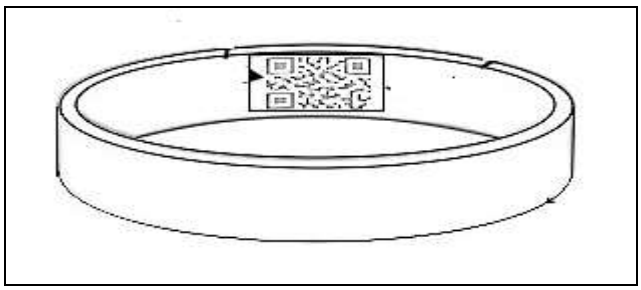
Sistemde omurga hattı boyunca yerleştirilen bükülme/eğrilik sensörleri, korse ile vücut arasındaki lokal temas basıncını ölçen sensörler ve kullanıcının hareket ile denge durumunu değerlendiren algılayıcılar bulunmaktadır. Sensörlerden elde edilen veriler kontrol biriminde birlikte işlenmekte ve önceden belirlenmiş eşik değerler doğrultusunda sistem çıktıları oluşturulmaktadır.

Korse ayrıca titreşim motoru içeren dokunsal geri bildirim ünitesi, kablosuz iletişim birimi ve mobil arayüz modülü içermektedir. Eğrilik verisinin belirlenen sınırın dışına çıkması durumunda titreşimli uyarı verilmesi; sensör verilerinin ise Bluetooth aracılığıyla mobil cihazdaki arayüze aktarılması öngörülmüştür.

Sağlık bakımı açısından sistem, yalnızca korsenin takılı olup olmadığının değil, nasıl kullanıldığının ve kişinin postürünün ne ölçüde uygun olduğunun izlenmesine yönelik olması nedeniyle önemlidir. Böylece klinikte aralıklı yapılan değerlendirmeleri tamamlayabilecek, günlük yaşam içerisinde objektif veri oluşturabilecek ve kullanıcıya anlık geri bildirim sağlayabilecek bir teknoloji niteliği taşımaktadır.

3. Çevrimdışı Karekod İçeren Bileklik Yapılanması

Bu buluş, diğer iki sistemden farklı olarak fizyolojik veya hareket verisi toplayan bir sensör teknolojisi değildir. Sistem, bireyin bileğine takılan bir bileklik üzerinde yer alan ve internet veya hücresel veri bağlantısı gerektirmeden okunabilen çevrimdışı karekod aracılığıyla temel bilgilere erişilmesini sağlamaya yönelik geliştirilmiştir. Karekod içerisinde bireyin kimlik bilgileri, hastalık bilgileri ve acil durumda iletişim kurulması gereken kişilere ait bilgilerin yer alması öngörülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Çevrimdışı Karekod İçeren Bileklik Yapılanması

Bilekliğin özellikle iletişim altyapısının kesintiye uğrayabileceği afet durumlarında kullanılmasına yönelik olduğu belirtilmektedir. Sistem, kapalı devre çalışan karekod sayesinde

internet bağlantısı bulunmadığında dahi kişinin tanımlayıcı ve iletişim bilgilerine erişilmesini amaçlamaktadır.

Patent dokümanında olası kullanım grupları arasında kaybolmuş bireyler, Alzheimer hastaları, kendini ifade edemeyen engelli bireyler ve afet sonrasında travma nedeniyle iletişim kuramayan kişiler de belirtilmektedir.

Bileklik tercihen silikon malzemeden üretilmekte ve karekod, suya ve dış etkenlere karşı koruma sağlayan şeffaf bir kılıf içerisinde yer almaktadır. Karekod kişiye özel oluşturulmakta ve karekod okuyabilen bir cihazla internet bağlantısı olmadan okunabilmektedir.

Hasta güvenliği açısından bu sistem, özellikle bireyin kendisini ifade edemediği veya iletişim altyapısının çalışmadığı durumlarda sağlıkla ilişkili temel bilgilere ve yakınlarının iletişim bilgilerine erişimi destekleyebilecek bir araçtır. Ancak karekod içerisindeki bilgilerin kullanıcı tarafından tanımlanması nedeniyle bu bilgilerin doğruluğu, güncelliği ve mahremiyeti ayrıca değerlendirilmelidir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada incelenen üç buluş, giyilebilir sağlık teknolojilerinin hasta izlemi ve güvenliğinde birbirinden farklı ancak tamamlayıcı işlevlere sahip olabileceğini göstermektedir. Akciğer ses haritalama sistemi fizyolojik izleme, skolyoz korsesi postür ve tedavi kullanımının izlenmesi, çevrimdışı karekodlu bileklik ise kimliklendirme ve acil sağlık bilgilerine erişim yönünden farklı çözüm alanları sunmaktadır.

Akciğer ses haritalama sistemi ile skolyoz korsesi arasındaki en belirgin ortak özellik, giyilebilir yapı üzerinden sürekli veya tekrarlı veri üretmeleri ve klasik noktasal değerlendirmeyi daha uzun süreli bir izleme yaklaşımına dönüştürmeyi amaçlamalarıdır. Akciğer sisteminde çok noktalı solunum sesleri toplanırken, skolyoz sisteminde eğrilik, basınç ve hareket olmak üzere birden fazla parametre eş zamanlı değerlendirilmektedir. Bu durum, giyilebilir teknolojilerin tek bir fizyolojik veya mekanik ölçüme dayalı sistemlerden daha bütünleşik veri üreten yapılara doğru gelişebileceğini göstermektedir.

Skolyoz korsesinin bir diğer önemli yönü, yalnızca veri toplamakla kalmayıp kullanıcıya anlık geri bildirim vermesidir. Dokunsal uyarı ve mobil arayüz, hastayı pasif biçimde izlenen bir kullanıcı olmaktan çıkararak kendi tedavi sürecine daha aktif biçimde katılmasını desteklemeye yönelik bir yaklaşım sunmaktadır. Giyilebilir teknolojilerde kişiselleştirilmiş geri bildirim mekanizmalarının hasta katılımı ve uyum açısından önemli olduğu bildirilmektedir Bu tür teknolojiler, öz-yönetim ve hasta katılımının desteklenmesi açısından dikkat çekicidir. Giyilebilir teknolojilerde kişiselleştirilmiş geri bildirim mekanizmalarının

hasta katılımı ve tedaviye uyumun desteklenmesinde önemli olduğu bildirilmektedir (Ribeiro et al., 2026).

Çevrimdışı karekodlu bileklik ise giyilebilir teknolojilerin yalnızca sensör ve gerçek zamanlı izlem sistemlerinden ibaret olmadığını göstermektedir. Buluş, düşük teknolojili ancak özel koşullarda önemli olabilecek bir bilgi erişim çözümü sunmaktadır. Özellikle afet ortamında internet veya hücresel bağlantının kullanılamadığı durumlarda kişinin kimlik ve acil iletişim bilgilerine erişimin sağlanabilmesi, hasta güvenliğinin teknolojik altyapıdan tamamen bağımsız olmayan ancak bağlantıya bağımlılığı azaltan bir yaklaşımla ele alınabileceğini göstermektedir.

Bununla birlikte bu tür sistemlerde veri güvenliği ve mahremiyet önemli bir konu olarak ortaya çıkmaktadır (Khatiwada et al., 2024). Çevrimdışı karekod içerisinde hastalık ve kimlik bilgilerinin bulunması, bilgilerin kolay erişilebilir hale gelmesini sağlarken yetkisiz erişim açısından da değerlendirilmesi gereken bir durumdur. Patent dokümanı sistemin kişiye özel bilgi içermesini öngörmektedir; ancak mevcut doküman, bu verilerin klinik doğrulama veya yetkilendirilmiş erişim süreçlerini ayrıntılı biçimde tanımlayan bir sağlık bilgi sistemi sunmamaktadır. Bu nedenle uygulama öncesinde mahremiyet ve veri güvenliği boyutunun ayrıca ele alınması gerekmektedir.

Giyilebilir teknolojilerin hemşirelik bakımına entegrasyonu açısından bir başka önemli konu, teknolojinin profesyonel klinik değerlendirmenin yerini almaması, bu değerlendirmeyi desteklemesidir. Örneğin akciğer ses sisteminden elde edilen akustik veriler hemşirenin solunum değerlendirmesini, fizik muayeneyi ve diğer klinik bulguları tamamlayabilecek nitelikte olabilir; ancak tek başına tanı koydurucu kabul edilmemelidir. Benzer biçimde skolyoz korsesinden alınan sensör verileri de sağlık profesyonelinin değerlendirmesinin alternatifi değil, uzun dönemli ve gerçek yaşam koşullarına ilişkin ek bir veri kaynağı olarak düşünülmelidir. Dijital sağlık teknolojilerinden elde edilen gerçek yaşam verilerinin klinik kullanımında veri güvenilirliğinin ve hasta sonuçlarına katkısının güçlü çalışmalarla değerlendirilmesi gerekmektedir (Pyper et al., 2023).

Bu çalışmanın temel sınırlılığı, incelenen kaynakların patent ve faydalı model dokümanlarından oluşmasıdır. Bu belgelerde ürünlerin öngörülen yararları ve teknik üstünlükleri tanımlanmakla birlikte, klinik etkinlik, duyarlılık, özgüllük, kullanıcı kabulü veya güvenlik sonuçları hakkında bağımsız klinik kanıt sunulmamaktadır. Bu nedenle patent dokümanlarında belirtilen “erken tanı”, “tedavi etkinliğinin izlenmesi” veya hasta güvenliğine ilişkin yararlar, ürünlerin tasarım hedefleri olarak değerlendirilmelidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada incelenen 2026 yılı patent ve faydalı model başvuruları, giyilebilir sağlık teknolojilerinin hasta izleminde ve güvenliğinde oldukça farklı kullanım alanlarına sahip olabileceğini göstermektedir. Giyilebilir akciğer ses haritalama sistemi fizyolojik izlemi; çoklu sensörlü skolyoz korsesi postür, temas basıncı ve kullanım davranışının izlenmesini; çevrimdışı karekodlu bileklik ise acil durumlarda kimlik ve sağlıkla ilişkili temel bilgilere erişimi desteklemeye yönelik çözümler sunmaktadır.

Bu sistemlerin ortak yönü, sağlıkla ilişkili bilgi veya veriyi bireyin üzerinde taşınabilir ve günlük yaşam içerisinde erişilebilir hale getirmeleridir. Böylece hasta izleminin sağlık kuruluşu sınırlarının dışına taşınması, bireyin kendi bakım sürecine katılımının artırılması ve belirli risk durumlarında sağlık profesyonellerinin bilgiye erişiminin kolaylaştırılması mümkün olabilecek alanlar arasında yer almaktadır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda bu teknolojilerin ölçüm doğruluğu, klinik güvenilirliği, kullanılabilirliği, hasta ve sağlık profesyoneli kabulü, veri güvenliği, mahremiyet, maliyet ve bakım sonuçlarına etkilerinin değerlendirilmesi önerilmektedir. Ayrıca giyilebilir sağlık teknolojilerinin geliştirilme süreçlerine hemşirelerin ve diğer sağlık profesyonellerinin dahil edilmesi, teknolojilerin gerçek klinik gereksinimlere uygunluğu ve kullanım kolaylığının geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Khatiwada P, Yang B, Lin JC, Blobel B. Patient-Generated Health Data (PGHD): Understanding, Requirements, Challenges, and Existing Techniques for Data Security and Privacy. J Pers Med. 2024 Mar 3;14(3):282 https://doi.org/10.3390/jpm14030282
- Pyper E, McKeown S, Hartmann-Boyce J, Powell J. Digital Health Technology for Real-World Clinical Outcome Measurement Using Patient-Generated Data: Systematic Scoping Review. J Med Internet Res. 2023 Oct 11;25:e46992. https://doi.org/10.2196/46992
- Ribeiro R, Martins R, Pereira H, Crista V, Souza J, Almeida R, Martinho D, Conceição L, Freitas A, Marreiros G. A systematic review on wearable-enabled remote health monitoring. *Digit Health.* 2026 Feb 27;12:20552076261428387. https://doi.org/10.1177/20552076261428387
- Tegegne MD, Niakan Kalhori SR, Haas P, Sobotta VM, Warnecke J, Deserno TM. Wearable Devices for Remote Monitoring of Chronic Diseases: Systematic Review. JMIR Mhealth Uhealth. 2026 Feb 11;14:e74071. https://doi.org/10.2196/74071

HASTA GÜVENLİĞİ VE ÖZ-YÖNETİMİ DESTEKLEYEN İNOVATİF SAĞLIK TEKNOLOJİLERİ

Hem. İrem AKBIYIK
Tarsus University, Faculty of Science, Department of Nursing, 33400, Tarsus, Mersin
ORCID ID: 0009-0004-9917-9086
Dr. Öğr. Üyesi, Nadiye BARIŞ EREN
Tarsus University, Faculty of Science, Department of Nursing, 33400, Tarsus, Mersin
ORCID ID: 0000-0002-1935-244X

ÖZET

Bu bildirinin amacı, hasta güvenliği ve öz-yönetimi desteklemeye yönelik geliştirilen güncel inovatif sağlık teknolojilerini incelemek ve bu teknolojilerin hemşirelik bakımına olası katkılarını ortaya koymaktır. Bu doğrultuda, Türk Patent ve Marka Kurumu'nun resmi veri tabanında yer alan 2026 yılı patent ve faydalı model başvuruları incelenmiş ve bireylerin sağlık durumlarının izlenmesi, günlük yaşamda güvenliklerinin desteklenmesi ve kendi bakım süreçlerine katılımlarının artırılmasına yönelik olduğu değerlendirilen buluşlar ele alınmıştır. İncelenen buluşlar arasında; meme cerrahisi sonrası lenfödem riski bulunan bireylerde anatomik referans noktalarına göre kol çevresinin standart ve tekrarlanabilir biçimde ölçülmesini ve bireyin kendi ölçümünü gerçekleştirebilmesini destekleyen "Meme Cerrahisi Geçiren Hastalar İçin Bir Kol Çevresi Ölçüm Aracı"; demans ve bilişsel gerileme yaşayan bireylerde doğal dil işleme destekli sesli etkileşim, ilaç ve günlük görev hatırlatmaları, giyilebilir sensör aracılığıyla güvenli alan takibi ve sağlık profesyonellerine otomatik raporlama işlevlerini bütünleştiren "Demans Hastaları İçin Otonom Telkin, Giyilebilir Sensör Tabanlı Sınır Kontrolü ve Doğal Dil İşleme Yazılımı Destekli Akıllı Takip Sistemi" ve görme engelli bireylerin ilaçlarını bağımsız ve güvenli biçimde tanıyabilmelerini desteklemek amacıyla Braille order kodu, tedavi gruplarına özgü dokunsal yüzeyler, sesli QR kod, yüksek kontrastlı baskı alanı ve reçete-ilaç dijital eşleştirme yazılımını bütünleştiren "Görme Engelliler İçin Akıllı İlaç Order Eşleştirme Sistemi" yer almaktadır. Akıllı ilaç order eşleştirme sistemi, ilacın adı, etken maddesi, dozu ve kullanım şekline sesli erişim sağlamanın yanı sıra reçetede tanımlanan order kodunun eczane sistemi ve fiziksel ilaç etiketiyle eşleştirilmesine yönelik çok katmanlı bir doğrulama yaklaşımı sunmaktadır. Demans hastalarına yönelik akıllı takip sistemi ise güvenli alan kontrolü, günlük yaşam ve ilaç hatırlatmaları ile izlem verilerinin bakım sürecinde kullanılmasını desteklemeye yönelik bütünleşik bir yaklaşım sunmaktadır. Sonuç olarak, incelenen inovatif sağlık teknolojilerinin farklı gereksinimleri bulunan bireylerde öz-izlem, güvenli ilaç kullanımı, günlük yaşamın desteklenmesi ve sağlıkla ilişkili risklerin yönetimi gibi alanlarda çözümler sunduğu görülmektedir. Bu teknolojilerin bireylerin

bakım süreçlerine aktif katılımını ve mümkün olan en yüksek düzeyde bağımsızlığını destekleyerek hasta güvenliği ve öz-yönetimin güçlendirilmesine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Hasta güvenliği, öz-yönetim, inovasyon, sağlık teknolojileri, hemşirelik

INNOVATIVE HEALTH TECHNOLOGIES SUPPORTING PATIENT SAFETY AND SELF-MANAGEMENT

ABSTRACT

This paper aims to examine recent innovative health technologies developed to support patient safety and self-management and to highlight their potential contributions to nursing care. For this purpose, patent and utility model applications filed in 2026 and available in the official database of the Turkish Patent and Trademark Office were reviewed, with a focus on inventions designed to support individuals in monitoring their health conditions, maintaining safety in daily life, and actively participating in their own care processes. The inventions examined included “An Arm Circumference Measurement Tool for Patients Undergoing Breast Surgery” which is designed to facilitate standardized and reproducible arm circumference measurements based on anatomical reference points in individuals at risk of lymphedema after breast surgery while supporting self-measurement; “A Smart Monitoring System for Patients with Dementia Incorporating Autonomous Verbal Guidance, Wearable Sensor-Based Boundary Monitoring, and Natural Language Processing Software” which integrates natural language processing-supported voice interaction, medication and daily task reminders, wearable sensor-based safe-zone monitoring, and automated reporting to healthcare professionals for individuals with dementia and cognitive decline; and “A Smart Medication Order Matching System for Visually Impaired Individuals” which integrates Braille order codes, treatment-group-specific tactile surfaces, audio QR codes, high-contrast printing, and prescription–medication digital matching software to support independent and safe medication identification. The smart medication order matching system provides auditory access to information including the medication name, active ingredient, dose, and instructions for use, while offering a multilayered verification approach designed to match the prescription-defined order code with the pharmacy system and the physical medication label. The smart monitoring system for individuals with dementia provides an integrated approach designed to support safe-zone monitoring, medication and daily activity reminders, and the use of monitoring data in the care process. Overall, the innovative health technologies reviewed offer potential solutions for self-monitoring, safe medication use, support for daily living, and management of health-related risks among individuals with diverse care needs. These technologies may contribute to strengthening patient

safety and self-management by promoting active participation in care and supporting the highest possible level of independence.

Keywords: Patient safety, self-management, innovation, health technologies, nursing

GİRİŞ

Çağdaş sağlık bakımında bireyin yalnızca bakım alan pasif bir konumda bulunması yerine, kendi sağlık durumunun izlenmesine ve bakım kararlarına mümkün olduğunca aktif katılım göstermesi önem kazanmaktadır. Öz-yönetim; bireyin sağlık durumunu izlemesi, günlük bakım gereksinimlerini yönetmesi, tedavi planına uyum sağlaması ve sağlıkla ilişkili riskleri fark ederek uygun yardım araması gibi çok boyutlu davranışları içerebilir (Iroegbu ve ark., 2025). Bununla birlikte bireyin bilişsel, duyusal veya fiziksel sınırlılıkları, öz-yönetim kapasitesini azaltabilmekte ve hasta güvenliği açısından yeni gereksinimler ortaya çıkarabilmektedir.

Sağlık teknolojileri, bu tür gereksinimlere yönelik farklı düzeylerde çözümler sunabilmektedir. Basit ve standardize ölçüm araçları bireyin sağlık durumunu evde izlemesine yardımcı olabilirken; sensör, yapay zekâ ve dijital sistemler günlük yaşam içerisinde güvenlik takibini veya hatırlatmaları destekleyebilir. Erişilebilir tasarımlar ise görme gibi duyusal sınırlılıkları bulunan bireylerin ilaç yönetimi gibi yüksek riskli bakım süreçlerine daha bağımsız katılımını mümkün kılmaya yönelik geliştirilebilir.

Bu çalışmada incelenen üç patent başvurusu bu yaklaşımın farklı örneklerini oluşturmaktadır. Meme cerrahisi sonrası kullanılmak üzere geliştirilen kol çevresi ölçüm aracı, anatomik referanslara dayalı tekrarlanabilir ölçümü desteklemeye yöneliktir. Ölçüm aracı, ulnanın stiloid çıkıntısı veya olekranon gibi anatomik noktaların her kullanımda aynı şekilde referans alınmasını ve standart ölçüm bölgelerinden veri elde edilmesini amaçlamaktadır. Demanslı bireylere yönelik akıllı takip sistemi, güvenli alan kontrolü, günlük görev ve ilaç hatırlatmaları ile otomatik raporlamayı bir araya getirmektedir. Görme engelli bireylere yönelik ilaç sistemi ise Braille, dokunsal yüzey, sesli QR kod ve dijital reçete eşleştirmesini bütünleştirerek erişilebilir ilaç doğrulamasını hedeflemektedir.

Bu çalışmanın amacı, 2026 yılı patent ve faydalı model başvuruları içerisinde hasta güvenliği ve öz-yönetimi desteklemeye yönelik seçilmiş inovatif sağlık teknolojilerini incelemek ve bu teknolojilerin hemşirelik bakımına olası katkılarını değerlendirmektir.

YÖNTEM

Bu çalışma, doküman incelemesine dayalı tanımlayıcı nitelikte gerçekleştirilmiştir. Temmuz 2026'da gerçekleştirilen tarama kapsamında, Türk Patent ve Marka Kurumu'nun resmi veri

tabanında yer alan patent ve faydalı model başvuruları incelenmiştir. Tarama sırasında "Buluş Özeti" alanına "hasta" anahtar kelimesi yazılmış ve sonuçlar 2026 yılı ile sınırlandırılmıştır. Elde edilen patent ve faydalı model başvuruları, hemşirelik uygulamaları ve hasta bakımı ile ilişkileri açısından değerlendirilmiştir.

Tarama sonucunda ulaşılan başvurular arasından hasta güvenliği, öz-yönetim, bağımsızlığın desteklenmesi ve bireyin bakım sürecine katılımı ile ilişkili olduğu değerlendirilen üç buluş çalışma kapsamına alınmıştır. Bunlar; "Meme Cerrahisi Geçiren Hastalar İçin Bir Kol Çevresi Ölçüm Aracı", "Demans Hastaları İçin Otonom Telkin, Giyilebilir Sensör Tabanlı Sınır Kontrolü ve Doğal Dil İşleme Yazılımı Destekli Akıllı Takip Sistemi" ve "Görme Engelliler İçin Akıllı İlaç Order Eşleştirme Sistemi"dir.

Seçilen dokümanlar; buluşun amacı, çözüm geliştirdiği bakım sorunu, teknik özellikleri, kullanım alanları, bireyin bakım sürecine katılımını ve bağımsızlığını destekleyen özellikleri ile hasta güvenliğine olası katkıları açısından incelenmiştir. Patent ve faydalı model dokümanlarında belirtilen yararlar klinik etkinlik bulguları olarak değerlendirilmemiş; buluşların tasarım amaçları ve öngörülen kullanım alanları doğrultusunda ele alınmıştır.

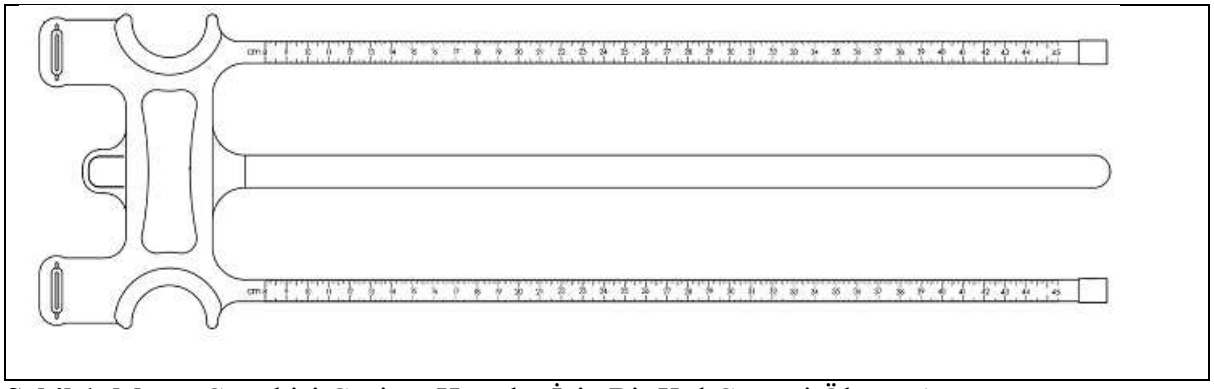
BULGULAR

1. Meme Cerrahisi Geçiren Hastalar İçin Bir Kol Çevresi Ölçüm Aracı

Bu buluş, meme cerrahisi sonrası lenfödem gelişme riski bulunan bireylerde üst ekstremite kol çevresinin anatomik referanslara göre standart ve tekrarlanabilir biçimde ölçülmesine yönelik geliştirilmiştir. Buluşta yer alan anatomik referans belirleme parçası, ölçüm aracının ulnanın stiloid çıkıntısı ve/veya olekranon gibi anatomik bölgelere göre her kullanımda aynı şekilde konumlandırılmasını amaçlamaktadır.

Sistem; gövde, anatomik referans belirleme parçası, mezura bantları, mezura yönlendirme elemanları ve kola sabitleme mekanizmasından oluşmaktadır (Şekil 1). Birden fazla mezura bandının önceden belirlenmiş mesafelerde yerleştirilmesi sayesinde farklı zamanlardaki ölçümlerin aynı anatomik seviyelerden yapılması hedeflenmektedir. Patent dokümanında ulnanın stiloid çıkıntısının 10 cm üzeri ile olekranonun 10 cm altı veya üstü gibi bölgelerden standart ölçüm alınabildiği belirtilmektedir.

Ürünün hemşirelik açısından dikkat çeken yönlerinden biri, öz-izlemi desteklemeye yönelik tasarımıdır. Ölçüm aracının kola sabitlenmesi ve mezuranın belirlenen doğrultuda yönlendirilmesi, klasik mezura kullanımında ortaya çıkabilecek kullanıcıya bağlı farklılıkları azaltmayı amaçlamaktadır. Bu özellikler, bireyin kendi kol çevresini evde daha standart biçimde takip edebilmesine yönelik kullanım potansiyeli oluşturmaktadır.



Şekil 1. Meme Cerrahisi Geçiren Hastalar İçin Bir Kol Çevresi Ölçüm Aracı

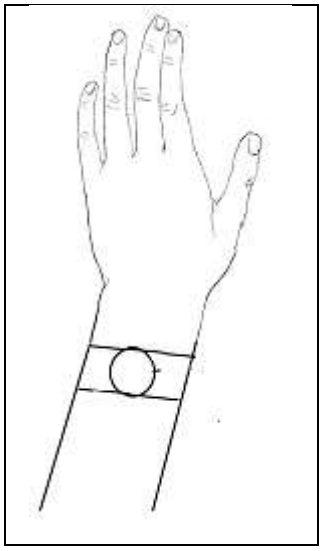
Bununla birlikte kol çevresi ölçümünde saptanan değişikliklerin tek başına lenfödem tanısı olarak yorumlanmaması ve ölçüm sonuçlarının klinik değerlendirme ile birlikte ele alınması gerekmektedir. Bu nedenle sistem, tanı koyan bir araçtan çok öz-izlem ve takip sürecini destekleyen standardize bir ölçüm teknolojisi olarak değerlendirilmelidir.

2. Demans Hastaları İçin Otonom Telkin, Giyilebilir Sensör Tabanlı Sınır Kontrolü ve Doğal Dil İşleme Yazılımı Destekli Akıllı Takip Sistemi

Bu buluş, demans ve Alzheimer hastalarının günlük yaşam içerisindeki güvenliğini ve izlenmesini desteklemeye yönelik yapay zekâ tabanlı bütünleşik bir sistemdir. Sistem; mini bilgisayar, mikrofon, hoparlör ve sinyal alıcı gibi donanımların yanı sıra hastanın konuşmasını metne dönüştüren transkripsiyon modülü ve yapay zekâ dil modeliyle çalışan bir ana mantık motoru içermektedir.

Buluşun hasta güvenliği açısından dikkat çeken özelliklerinden biri giyilebilir sensör tabanlı güvenli alan takibidir. Hastaya iliştirilen sinyal vericinin sinyalinin belirli bir süre boyunca alınamaması durumunda kişinin güvenli alanı terk ettiği veya kaybolma riski bulunduğu değerlendirilerek yakınını arama ve acil durum protokolünün otomatik biçimde tetiklenmesi amaçlanmaktadır.

Sistem ayrıca bireyin günlük rutinine entegre edilebilen ilaç ve görev hatırlatmaları içermektedir (Şekil 2). Hastanın soruları, yapay zekâ yanıtları, sesli telkinler ve takip sinyali kesintileri zaman damgasıyla kaydedilmekte ve 24 saatlik periyot sonunda otomatik rapor haline getirilerek sağlık personeline veya belirlenen ilgili kişiye iletilebilmektedir.



Şekil 2. Demans Hastaları İçin Otonom Telkin, Giyilebilir Sensör Tabanlı Sınır Kontrolü ve Doğal Dil İşleme Yazılımı Destekli Akıllı Takip Sistemi

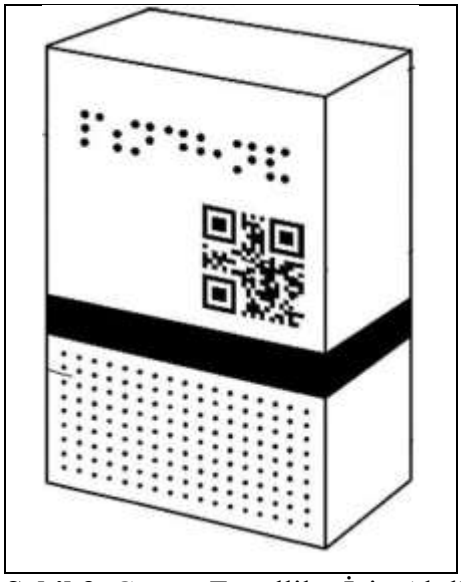
Bu özellikler sistemin yalnızca konum izleme aracı olmadığını; günlük yaşam desteği, iletişim, hatırlatma ve uzaktan bakım izlemini bir araya getiren bir yapı sunduğunu göstermektedir.

Ancak sistemde yapay zekâ tarafından üretilen yanıtların demanslı bireyin psikolojik durumuna ve klinik gereksinimlerine uygunluğunun ayrıca değerlendirilmesi önemlidir. Patent dokümanında sistemin "Validasyon Terapisi" ilkelerine göre yanıt vermesi hedeflenmekle birlikte, bu özelliğin terapötik etkinliği veya güvenliği belgede klinik olarak doğrulanmış değildir. Dolayısıyla sistemin sağlık profesyoneli ve bakım verenin yerini alan otonom bir bakım modeli olarak değil, profesyonel bakımı destekleyebilecek teknolojik bir yardımcı sistem olarak değerlendirilmesi daha uygundur.

3. Görme Engelliler İçin Akıllı İlaç Order Eşleştirme Sistemi

Bu buluş, görme engelli bireylerin ilaçlarını bağımsız, doğru ve güvenli biçimde tanıyabilmelerine yönelik geliştirilmiş çok katmanlı bir erişilebilirlik ve doğrulama sistemidir. Sistem; reçetede tanımlanan order kodunun Braille alfabesiyle kabartma biçiminde ilaç kutusuna basılması, tedavi gruplarına göre farklı dokunsal yüzeylerin kullanılması, sesli QR kod ve kısmi görme kaybı bulunan kullanıcılar için yüksek kontrastlı baskı alanını bir arada içermektedir.

Braille order kodu, kullanıcının ilacın kimliğini dokunarak doğrulamasına; doku kodlu yüzey ise tedavi gruplarının farklı dokunsal örüntülerle ayırt edilmesine yönelik tasarlanmıştır. Sesli QR kod aracılığıyla ilacın adı, etken maddesi, dozu ve kullanım şeklinin akıllı telefon veya sesli QR okuyucu tarafından okunması öngörülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Görme Engelliler İçin Akıllı İlaç Order Eşleştirme Sistemi

Sistemin yenilikçi özelliklerinden biri de reçete ile fiziksel ilaç arasında dijital eşleştirme yapılmasıdır. Doktor tarafından reçeteye tanımlanan order kodunun eczane sistemine aktarılması, etiket üretimi sırasında doğrulanması ve fiziksel ilaç kutusundaki tanımlayıcılarla eşleştirilmesi amaçlanmaktadır. Böylece ilaç doğrulaması yalnızca görsel bilgilere bağlı kalmadan dokunsal, işitsel ve dijital yöntemlerle çok katmanlı biçimde desteklenmektedir.

Hemşirelik ve ilaç güvenliği açısından sistemin önemli yönü, görme engelli bireyin ilacını tanıma ve doğrulama sürecinde başkasına bağımlılığını azaltmaya yönelik olmasıdır. Patent dokümanı da ürünün bireyin bağımsız biçimde ilaç tanımlamasını hedeflediğini belirtmektedir. Bununla birlikte patent dokümanında reçete-ilaç eşleştirmesinin "garanti" edildiği veya ilaç hatalarının önlendiği yönündeki kesin ifadeler klinik kanıt olarak kabul edilmemelidir. Sistem gerçek klinik ortamda kullanılmadan önce yanlış eşleşme oranı, kullanıcı hataları, sesli ve dokunsal erişilebilirliğin doğruluğu gibi yönlerden değerlendirilmelidir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada incelenen üç buluş, hasta güvenliği ve öz-yönetimin farklı hasta gruplarında farklı teknolojik stratejilerle desteklenebileceğini göstermektedir. Meme cerrahisi sonrası kol çevresi ölçüm aracı öz-izlem ve standart ölçüme; demans takip sistemi güvenli günlük yaşam, hatırlatma ve izleme desteğine; görme engelli bireylere yönelik ilaç sistemi ise erişilebilir ve bağımsız ilaç yönetimine odaklanmaktadır.

Meme cerrahisi sonrası kol çevresi ölçüm aracı, teknolojik karmaşıklığı düşük olmasına karşın öz-yönetim açısından önemli bir yaklaşım sunmaktadır. Patent dokümanında ölçüm noktalarının anatomik referanslara göre standardize edilmesi ve aynı cihazla tekrarlanabilir ölçüm yapılması amaçlanmaktadır. Meme kanseri ilişkili kol lenfödeminin önlenmesi ve

yönetiminde risk değerlendirmesi, hasta eğitimi ve izlemin önemi güncel uluslararası önerilerde vurgulanmaktadır (Wong ve ark., 2024). Bu durum inovasyonun yalnızca dijital veya yapay zekâ temelli teknolojilerden ibaret olmadığını; mevcut bakım uygulamasındaki değişkenliği azaltmaya yönelik ergonomik tasarımların da inovatif değer taşıyabileceğini göstermektedir.

Demans hastalarına yönelik sistem ise teknolojik açıdan üç buluşun en karmaşık olanıdır. Yapay zekâ destekli iletişim, giyilebilir sensör, sanal sınır kontrolü, hatırlatma ve otomatik raporlama özelliklerinin aynı sistemde bir araya getirilmesi bütünleşik dijital bakım desteği yaklaşımına örnek oluşturmaktadır. Bununla birlikte demanslı bireylerin bilişsel kırılganlığı nedeniyle yapay zekânın otonom biçimde iletişim kurması, sağlıkla ilişkili öneri veya telkin sunması ve kişinin davranışlarını sürekli izlemesi önemli etik ve klinik sorular ortaya çıkarabilir. Demanslı bireylerde sensör tabanlı izleme teknolojilerinin kullanımında güvenlik yararlarının mahremiyet, özerklik ve karar verme kapasitesine ilişkin etik sorunlarla birlikte değerlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir (Lahr ve ark., 2025). Bu nedenle böyle bir sistemde insan gözetimi, yanlış alarm yönetimi, mahremiyet ve yapay zekâ çıktılarının güvenliği temel değerlendirme alanları olmalıdır.

Görme engellilere yönelik ilaç sistemi ise evrensel ve erişilebilir tasarım yaklaşımının hasta güvenliğiyle ilişkilendirilebileceğini göstermektedir. Braille, dokunsal desen, sesli QR ve yüksek kontrastlı baskının aynı ürün üzerinde birleştirilmesi, görme düzeyi ve Braille kullanma becerisi farklı bireylere birden fazla erişim seçeneği sunmaktadır. Bu çoklu doğrulama yaklaşımı, bireyin ilacı tanıma sürecinde tek bir duyusal kanala bağımlı kalmasını azaltmaya yönelik bir tasarım örneğidir. Görme engelli bireylerde yardımcı teknolojilerin ilaç yönetiminde erişilebilirlik, özerklik ve güvenliği destekleme potansiyeli bulunduğu bildirilmektedir (Ramos-Silva ve ark., 2026).

Üç teknolojinin ortak yönü, bireyin bakım sürecindeki bağımsızlığını desteklemeye çalışmalarıdır. Ancak bağımsızlık, sağlık profesyoneli desteğinin tamamen ortadan kaldırılması anlamına gelmemelidir. Meme cerrahisi sonrası bireyin kol çevresi ölçmesi klinik değerlendirmenin; demans takip sisteminin bakım veren izleminin; erişilebilir ilaç etiketinin ise ilaç eğitimi ve güvenli ilaç yönetiminin yerine geçmemelidir. Teknolojinin rolü, profesyonel bakımın yerini almak yerine bireyin bakım sürecindeki katılımını ve güvenliğini desteklemek olmalıdır.

Hasta güvenliği ile öz-yönetim arasında da dikkatli bir denge kurulması gerekmektedir. Bireye daha fazla bağımsızlık sağlayan teknolojiler, aynı zamanda ölçüm hatası, yanlış veri, yanlış

alarm veya cihazın hatalı kullanımı gibi yeni riskler oluşturabilir. Bu nedenle yeni teknolojilerin başarısı yalnızca teknik olarak çalışıp çalışmadıklarıyla değil, gerçek kullanıcıların cihazı doğru ve sürdürülebilir biçimde kullanabilmesiyle de değerlendirilmelidir. Bu çalışmada incelenen belgelerin patent/faydalı model başvuruları olması temel bir sınırlılıktır. Patent dokümanlarında ürünlerin amaçları, teknik özellikleri ve öngörülen avantajları sunulmakta; ancak klinik etkinlik ve güvenliği kanıtlayan deneysel veriler yer almamaktadır. Bu nedenle incelenen ürünlere ilişkin hasta güvenliği, bağımsızlık, ilaç hatalarının azaltılması veya komplikasyonların erken fark edilmesi gibi yararlar potansiyel katkılar olarak değerlendirilmelidir. Literatürde de engelli bireylerin ilaç öz-yönetimine yönelik yardımcı teknolojiler konusunda teknolojik gelişmelerin klinik doğrulamanın önünde ilerlediği ve etkinlik, güvenlik ve maliyet-etkililiğe ilişkin güçlü kanıtların sınırlı olduğu bildirilmektedir (Ramos-Silva ve ark., 2026).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada incelenen 2026 yılı patent ve faydalı model başvuruları, hasta güvenliği ve öz-yönetimin farklı bakım gereksinimlerine yönelik inovatif teknolojiler aracılığıyla desteklenmeye çalışıldığını göstermektedir. Meme cerrahisi sonrası kol çevresi ölçüm aracı öz-izlemi ve ölçüm standardizasyonunu; demans hastalarına yönelik akıllı takip sistemi günlük yaşam güvenliği, hatırlatma ve uzaktan izlem desteğini; görme engellilere yönelik akıllı ilaç order eşleştirme sistemi ise erişilebilir ve bağımsız ilaç yönetimini desteklemeye yönelik çözümler sunmaktadır.

Bu buluşların ortak özelliği, bireyin kendi bakım sürecine mümkün olduğunca aktif katılımını artırmaya ve sağlıkla ilişkili risklerin yönetimini desteklemeye yönelik olmalarıdır. Bununla birlikte klinik uygulamaya geçiş öncesinde teknolojilerin güvenlik, etkinlik, kullanılabilirlik, erişilebilirlik, doğruluk, hasta kabulü, veri güvenliği ve mahremiyet açısından değerlendirilmesi gerekmektedir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda kol çevresi ölçüm aracının standart ölçüm yöntemleriyle uyumu ve ölçümler arası güvenilirliği; demans takip sisteminin yanlış alarm oranları, kullanıcı kabulü ve yapay zekâ destekli iletişimin güvenliği; görme engellilere yönelik ilaç sisteminin ise ilaç tanıma doğruluğu, kullanım kolaylığı ve ilaç hatalarına etkisi araştırılabilir.

Ayrıca hemşirelerin bu teknolojilerin geliştirilme ve değerlendirilme süreçlerine dahil edilmesi önemlidir. Hemşirelerin hasta güvenliği, ilaç yönetimi, öz-bakım eğitimi ve günlük bakım gereksinimlerine ilişkin klinik deneyimleri, inovatif ürünlerin gerçek bakım gereksinimlerine uygun ve kullanıcı odaklı biçimde geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

KAYNAKLAR

- Iroegbu, C., Tuot, D. S., Lewis, L., & Matura, L. A. (2025). The influence of patient-provider communication on self-management among patients with chronic illness: A systematic mixed studies review. Journal of Advanced Nursing, 81(4), 1678–1699. https://doi.org/10.1111/jan.16492
- Lahr, J., Schulze, N., Wüst, L. N., Beisbart, C., Bruhin, L. C., Ienca, M., Nef, T., Trachsel, M., & Klöppel, S. (2025). Ethics of sensor-based surveillance of people with dementia in clinical practice. Sensors, 25(7), 2252. https://doi.org/10.3390/s25072252
- Ramos-Silva, A., Cruz, B. D., Fernandez-Llimos, F., Gouvea, T., Sandes, V., Medeiros, G., Portela, P., Guerra, A., & Lima, E. C. (2026). Assistive technologies for medication self-management in people with disabilities: A systematic scoping review and evidence map. Research in Social and Administrative Pharmacy, 22(10), 901–907. https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2026.05.006
- Wong, H. C. Y., Wallen, M. P., Chan, A. W., Dick, N., Bonomo, P., Bareham, M., Wolf, J. R., van den Hurk, C., Fitch, M., Chow, E., & Chan, R. J. (2024). Multinational Association of Supportive Care in Cancer (MASCC) clinical practice guidance for the prevention of breast cancer-related arm lymphoedema (BCRAL): International Delphi consensus-based recommendations. eClinicalMedicine, 68, 102441. https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2024.102441

ALGORİTMİK PERFORMANS YÖNETİMİNİN ÇALIŞAN REFAHI ÜZERİNDEKİ PARADOKSAL ETKİLERİ: ÖRGÜTSEL BAĞLAMIN BELİRLEYİCİ ROLÜ

Assoc. Prof. Dr. Senem ALTAN
Doğuş University, Faculty of Economics, Administrative and Social Sciences, Department of Management Information Systems, 34680 Üsküdar, İstanbul
ORCID ID: 0000-0003-0264-0821

ÖZET

Algoritmik izleme ve performans yönetimi sistemleri örgütlerde hızla yaygınlaşmakta; çalışan refahı üzerindeki etkileri ise giderek daha tartışmalı bir araştırma alanına dönüşmektedir. Mevcut alan yazın bu ilişkiyi çoğunlukla ya yalnızca verimliliği artıran bir mekanizma ya da yalnızca gözetim kaygısı yaratan bir tehdit olarak ele almaktadır; zira her iki konum da ilişkinin paradoksal yapısını görünmez kılmaktadır. Güncel ampirik çalışmalar bu paradoksu belgelemektedir. Li vd. (2025), iki büyük Çin teslimat platformunda çalışan 292 kurye üzerinde yürüttükleri araştırmada, algoritmik yönetimin iş bağlılığı üzerinde tehdit değerlendirmesi yoluyla olumsuz, meydan okuma değerlendirmesi yoluyla olumlu olmak üzere eş zamanlı ama zıt yönlü etkiler ürettiğini ortaya koymuştur. Liang vd. (2025), 359 uygulama çalışanından üç dalgalı ve çok kaynaklı veriyle, algılanan algoritmik denetimin hem işe gömülmüşlüğü hem de iş kaygısını artırdığını; bu iki aracı mekanizmanın hizmet performansı ile iş refahı üzerinde birbirinden ayrışan sonuçlar doğurduğunu göstermiştir. Bu bulgular, algoritmik sistemlerin çalışan refahı üzerindeki etkisinin ne sistemin teknik özelliklerinde ne de çalışanın bireysel direncinde aranması gerektiğini; bu etkiyi biçimlendiren örgütsel tasarım değişkenlerinde aranması gerektiğini düşündürtmektedir. Bu çalışma söz konusu paradoksu açıklamak amacıyla bilişsel değerlendirme kuramını (Lazarus ve Folkman, 1984) ve iş talepleri-kaynaklar modelini (Bakker ve Demerouti, 2017) temel alarak algoritmik izlemenin çalışan refahı üzerindeki çift taraflı etki mekanizmasını kavramsal düzeyde analiz etmektedir. Analiz, algoritmik sistemlerin hem iş kaynağı hem de iş talebi olarak aynı anda işlev görebildiğini; hangi işlevin baskın olduğunu ise şeffaflık, özerklik payı, katılımcı tasarım ve yönetsel empati gibi örgütsel bağlam değişkenlerinin belirlediğini ileri sürmektedir. Dolayısıyla refahı belirleyen sistemin kendisi değil, sistemin yerleştirildiği örgütsel ve yönetsel bağlamdır. Çalışma, örgütler için insan merkezli algoritmik yönetim tasarımına yönelik çıkarımlar sunmakta ve bu alanda gelecek ampirik araştırmalar için öncelikli değişkenleri haritalamaktadır.

Anahtar kelimeler: algoritmik izleme, çalışan refahı, performans yönetimi, bilişsel değerlendirme, insan merkezli YZ yönetimi

THE PARADOXICAL EFFECTS OF ALGORITHMIC PERFORMANCE MANAGEMENT ON EMPLOYEE WELL-BEING: THE DETERMINING ROLE OF ORGANIZATIONAL CONTEXT

ABSTRACT

Algorithmic monitoring and performance management systems are rapidly becoming widespread in organizations; however, their effects on employee well-being are becoming an increasingly contested area of research. The current literature mostly treats this relationship either as merely a mechanism that increases productivity or as a threat that creates surveillance concerns; both positions obscure the paradoxical nature of the relationship. Current empirical studies document this paradox. Li et al. (2025), in a sample of 292 delivery workers from two major Chinese food-delivery platforms, showed that algorithmic management produces simultaneous but opposing effects on work engagement: a negative pathway through threat appraisal and a positive pathway through challenge appraisal. Liang et al. (2025), using multisource, three-wave data from 359 app workers, showed that perceived algorithmic control increases both job embeddedness and work anxiety, and that these two mediating mechanisms produce divergent outcomes for service performance and work well-being. These findings suggest that the impact of algorithmic systems on employee well-being should not be sought in the technical characteristics of the system or in the individual resistance of the employee; rather, it should be sought in the organizational design variables that shape this effect. This study aims to explain this paradox by conceptually analyzing the dual-pathway impact mechanism of algorithmic monitoring on employee well-being, based on cognitive appraisal theory (Lazarus and Folkman, 1984) and the job demands-resources model (Bakker and Demerouti, 2017). The analysis suggests that algorithmic systems can function simultaneously as both a job resource and a job demand; which function is dominant is determined by organizational context variables such as transparency, autonomy, participatory design, and managerial empathy. Therefore, well-being is determined not by the system itself, but by the organizational and managerial context in which the system is implemented. The study offers implications for human-centered algorithmic management design for organizations and maps priority variables for future empirical research in this field.

Keywords: algorithmic monitoring, employee well-being, performance management, cognitive appraisal, human-centered AI management

1. INTRODUCTION

An algorithmic performance management (APM) is an AI-enabled platform which tracks, measures, and controls employee work behavior in real time. Such platforms algorithmically

synthesize multiple behavioral indicators, such as task processing times, customer satisfaction measures, keystrokes, and delivery route efficiency. They are swiftly replacing human performance assessment approaches. Used broadly across various settings, from the gig economy to the corporate white-collar environment, algorithmic performance management represents a novel and highly relevant field of study in organizational behavior. In addition to its significance in terms of employee health, it raises numerous complicated issues that require thorough analysis. In fact, the systematic literature review revealed that the topic is highly fragmented and lacks common conceptualization, measurement, and relationships between algorithmic management and employee outcomes (Kadolkar et al., 2025).

Existing literature discusses this connection at two different levels. First, the literature treats algorithmic management to increase productivity because of its capability to motivate employees and increase their efficiency due to clearness of goals, fast feedback and transparent performance measures. Second, the literature treats algorithmic management as a form of surveillance, decreasing autonomy, damaging trust and causing burnout (Bowdler et al., 2025). However, it seems like both perspectives fail to acknowledge one basic feature of this relationship – algorithmic system can use mechanisms increasing well-being while simultaneously using others diminishing it. Empirical results contemporaneous to the discussion demonstrate this phenomenon. In a study involving 292 food delivery workers employed on two Chinese platforms, Li et al. (2025) found two simultaneous, but contradictory mechanisms of evaluation used by algorithmic management. Particularly, threat evaluation mediates a negative influence on job commitment, while challenge evaluation mediates a positive influence. In a multilevel, three-wave study of 359 app-based employees, Liang et al. (2025) found that algorithmic control increases job commitment and job anxiety, leading to contradictory effects on service performance and job well-being. Thus, empirical results show an evident asymmetry of the phenomenon: the same algorithmic system can improve employee performance and deteriorating his/her well-being simultaneously. The explanations focusing only on technical features of the algorithmic system are inadequate for explaining this paradox since the same technical system leads to different results of well-being depending on the organization. The main argument of the research can be stated in the following way: the critical factor determining the influence of algorithmic management monitoring on employee well-being is not the technical features of the system itself but the context in which the system is used. This argument suggests equal importance of organizational design as a policy variable alongside with the design of algorithmic system.

The structure of the paper is as follows. Chapter 2 discusses the concept of algorithmic performance management and two major theoretical frameworks supporting this concept. Chapter 3 deals with the concept of dual effect mechanism in which algorithmic system acts as a source of work and demand for work at the same time. Chapter 4 discusses the critical role of the organizational context and major contextual factors. Chapter 5 includes conclusions and implications of human-centered design of algorithmic management.

2. CONCEPTUAL FRAMEWORK

2.1. Algorithmic Performance Management: Definition and Scope

Algorithmic performance management (APM) defines management practices that involve monitoring, evaluating, and directing work behaviors in real time through software algorithms (Duggan et al., 2020; Kadolkar et al., 2025). APM differs from traditional performance evaluation in three key dimensions: (1) continuity - evaluation is instantaneous and uninterrupted, not periodic. (2) objectivity - algorithmic data processing eliminates the perception of subjectivity created by managerial discretion. (3) actionability - the system not only measures but also generates automated feedback and incentive mechanisms that guide the employee towards specific behaviors. Measurement work in the field converges on a comparable set of components: the Algorithmic Management Questionnaire developed by Parent-Rocheleau et al. (2024) operationalizes worker exposure to APM through five dimensions - algorithmic monitoring, goal setting, scheduling, performance rating, and compensation.

APM systems operate most visibly in gig economy platforms (delivery applications such as Uber and Deliveroo). However, they are rapidly becoming widespread across a broad corporate spectrum, ranging from monitoring call center employees' call times to tracking software developers' code completion metrics; recent reviews document the same diffusion into logistics, retail, and healthcare (Bowdler et al., 2025). This widespread adoption necessitates not limiting APM research solely to the context of the platform economy; it necessitates conceptual frameworks that generalize the findings to broader organizational contexts.

In the context of employee well-being, the effects of APM need to be considered in two dimensions: hedonic and eudaimonic. Hedonic well-being refers to the employee's work-related affective balance, i.e., the ratio of positive emotions to negative emotions (Warr, 1990). Eudaimonic well-being encompasses the level of fulfillment of deeper psychological needs such as meaning, autonomy, and growth (Ryan and Deci, 2000). APM can produce differing effect patterns on these two dimensions: performance reinforcement mechanisms may

temporarily increase hedonic well-being, while autonomy restrictions can systematically erode eudaimonic well-being.

2.2. Cognitive Appraisal Theory

Lazarus & Folkman (1984) offered the idea of cognitive appraisal, wherein the effects of stressors on individuals do not come out of objective qualities of stressors but rather from the meaning attributed to them by individuals themselves. In primary appraisal, individuals determine whether stressor is a challenge or a threat. In secondary appraisal, individuals evaluate whether available resources are enough to meet the challenges raised by the stressor.

From the perspective of the field of algorithmic performance management (APM), this theory works in the following manner: The same monitoring tool can be viewed by one worker as objective means for improving the performance, while the other worker perceives the same tool as means of monitoring decreasing his/her autonomy and threatening identity. Cram et al. (2022), supports this divergence directly, in a survey of 621 Uber drivers, found that the same forms of algorithmic control were related to both challenge technostressors and threat technostressors. This difference in evaluation is a function of the organizational context, independent of the system's technical characteristics. Indeed, the same contextual variables - transparency, perception of fairness, managerial behavior - systematically shape the primary appraisal.

2.3. Job Demands-Resources Model

Bakker and Demerouti's (2017) job demands-resources model (JD-R) posits that each feature of the work environment functions either as a job resource - supporting motivation, facilitating learning, and increasing goal achievement - or as a job demand - requiring energy expenditure and, if prolonged, leading to burnout (Schaufeli and Bakker, 2004). However, some work environment features can simultaneously assume both functions; APM is the most prominent example of this dual functionality. Jiang et al. (2025) argue on the same theoretical basis that the dimensions of algorithmic management both constrain and enable worker engagement, and position this duality as the central research agenda of the field.

Applying the JD-R model to APM raises two analytical questions: under what conditions does algorithmic tracking predominantly function as a job resource, and under what conditions as a job demand; and when these two functions are simultaneously active, which variables determine the net effect on well-being? The main argument of this study is that the answer to these questions lies not in the technical architecture of the system, but in the organizational context variables.

3. THE DOUBLE-SIDED EFFECT MECHANISM OF ALGORITHMIC MONITORING

To understand the paradoxical effect of algorithmic monitoring systems on employee well-being, it is necessary to separate how these systems function simultaneously as both a job resource and a job demand. Li et al. (2025) empirically documented this simultaneity within the framework of threat and challenge appraisal pathways, and showed that the two pathways do not balance each other in terms of effect sizes and directions; the relative weight of the two pathways further depends on the worker's emotional stability and on perceived organizational support. Therefore, the net well-being output stems not from the existence of the two mechanisms, but from their relative weights.

3.1. Algorithmic Systems as a Source of Work

Algorithmic monitoring systems can undertake three basic functions in the job resource dimension of the JD-R model. The first is the performance transparency function: the employee sees their own performance more clearly through objective and real-time feedback; this visibility increases self-regulation capacity and fuels mastery motivation, which in Bandura's (1997) terms strengthens self-efficacy beliefs. Secondly, there is the task clarity function: algorithmic systems reduce role conflict and role ambiguity by removing uncertainty from expectations. Thirdly, there is the achievement recognition function: the automatic recording of good performance helps make the employee's contribution visible.

Within the framework of cognitive appraisal theory, these functions strengthen the perception of challenge in primary appraisal and increase coping capacity in secondary appraisal. In self-determination theory terminology, they support the need for competence (Ryan and Deci, 2000). Liang et al. (2025) traced this job resource channel to job embeddedness in a sample of 359 app workers and showed that it feeds service performance; Zhu et al. (2024), in a sample of 286 platform workers, documented a parallel positive route running through job crafting. The productivity channel of APM therefore finds empirical support.

3.2. Algorithmic Systems as Job Demand

The algorithmic systems serve the purpose of creating considerable work demand while running. The feeling of constant surveillance contributes to the formation of hypervigilant condition referred to as panopticon effect and, hence, places permanent strain on cognition and emotions thus leading to burnout. According to resource conservation theory (Hobfoll, 1989), the employee is always engaged in spending his nonreplenishing resources. The need to

correspond to the algorithmic metrics makes the employee lose the focus on actions that cannot be measured but contribute to quality, including thinking out-of-the-box solutions, helping fellow workers, and developing human relations with customers. Lu et al. (2024) empirically proved using the sample of 1,362 platform-based food delivery couriers and qualitative interviews of 21 people that excessive level of algorithmic management acts as the demand-hindering factor for the commitment to service quality.

In addition to that, according to Edmondson (1999), perceived unfairness of algorithms in evaluation, especially the lack of clarity in the rationale behind metric measurement, negatively affects the psychological safety climate since it increases the level of perceived threat in primary evaluation. Liang et al. (2025) have found out that such condition, called job anxiety, negatively impacts wellbeing because performance gain and wellbeing loss occur at the same time as the consequences of the same mechanism. Such asymmetry makes APM not just another stress factor but the core of the performance discussion.

3.3. Simultaneous but Conflicting Effects

The simultaneous assumption of job resource and job demand functions by algorithmic systems highlights the inadequacy of linear evaluation models commonly used in well-being research. Simultaneous but opposing effects reveal that net well-being cannot be explained by a single variable - system design, employee personality, or working conditions. The evidence points in the same direction: Huo et al. (2025), in a time-lagged study of 304 app workers, found an inverted U-shaped rather than linear relationship between algorithmic control and work well-being, moderated by multi-focus identification and perceived algorithmic fairness. Therefore, the research question shifts from “Does algorithmic management increase or decrease well-being?” to “Under what conditions, for which employees, and on which dimension of well-being does algorithmic management take effect?” This shift necessitates a research perspective that analytically centers the organizational context; because the variables determining the relative weight between the two mechanisms are direct products of organizational design decisions: transparency, autonomy, participatory design, and managerial empathy. Even if the system remains technically the same, these contextual variables determine how the employee will evaluate the system and, consequently, the impact of the system on well-being.

4. THE DETERMINING ROLE OF ORGANIZATIONAL CONTEXT

Organizational context variables that shape well-being in algorithmic systems can be considered in four fundamental dimensions. Each of these variables directly intervenes in the primary appraisal stage of cognitive appraisal theory, i.e., whether the employee perceives the

system as a challenge or a threat. Reviews of the occupational health literature converge on a similar shortlist, identifying worker involvement and transparency as the two mitigating strategies with the strongest evidence base (Bowdler et al., 2025). Therefore, these variables are not demographic control variables; they are conscious design and management decisions regarding how organizations deploy algorithmic systems.

4.1. Transparency

Transparency represents the extent to which employees perceive the content measured by the algorithmic system, the method of integration, and the places in which the outputs obtained from this are used. In the case of low transparency, employees interpret the system as being arbitrary and unclear surveillance system which results in increased threat weighting in the primary assessment. On the other hand, in the case of high transparency, employees perceive the very same system as an objective and predictable feedback system and, hence, increase challenge assessment. One empirical study conducted by Gao et al. (2025) on a sample of 475 freelancers has shown that algorithmic transparency weakens both job commitment path and burnout path connecting perceived algorithmic control to service performance. Notably, one of the findings of this study was that transparency acts as the variable that decreases in general the psychological significance of the system and not as the sole answer to the problem.

Nonetheless, some pieces of evidence are negative as well. For example, Cram et al. (2022) found no support to the claim that transparency of algorithmic control alleviates technostress factors related to threats, which proves that transparency by itself does not suffice and other contextual variables must be considered. While transparency overlaps with explainability in the context of algorithmic justice, in the case of algorithmic performance management (APM) explainability is seen as managerial practice rather than a technological feature. The ways managers explain the algorithmic criteria to employees, the situational context, and the language used are viewed as key determinants of transparency.

4.2. Autonomy Margin

Autonomy margin is defined as the space in which an employee can act contrary to the algorithm’s directions using his own discretion. If algorithmic systems are viewed as inflexible rules that should be adhered to, then the autonomy margin becomes narrower, thus reducing opportunities for self-directedness. According to the self-determination theory, in such a way the necessity for autonomy is deprived, thus lowering intrinsic motivation and accelerating the process of transformation into more controlling extrinsic motivation (Ryan & Deci, 2000). Autonomy margin is also the cognitive space that enables creativity and job shaping behaviors.

Re-planning of the delivery routes, making connections with customers that go beyond criteria, and reframing of the task are the examples of actions performed as a part of one's autonomy margin. Such behaviors are viewed as the source of eudaimonia and organizational adaptability. Hence, the autonomy margin is the key design parameter that helps mitigate the negative impact of APM on well-being.

4.3. Participatory Design

Participatory design includes design processes in which employees take part in determining which metrics will be measured in the algorithmic system, how weights should be defined, and how outputs are evaluated. This is not just another way to make employees perceive increased procedural justice, since employees are the only actors who are aware of the algorithmically hard-to-measure aspects of their job. Zhang et al. (2022), having conducted participatory design sessions among gig workers, found out that workers themselves come up with practical design solutions that are capable of solving problems related to information asymmetry that harm their well-being while considering interests of the platform. Hence, participatory design produces synergetic effects concerning well-being and system performance.

Concerning cognitive appraisal theory, participatory design provides for employees' assessment of the algorithmic system not as something external and imposed but as something that, in some way, represents employees' contribution. Such perception will increase the challenge weight in primary appraisal and coping capacity in secondary appraisal. Therefore, participatory design should be considered a contextual variable reducing job demands in APM.

4.4. Managerial Empathy

Empathy of managers represents the tendency of managers to use algorithmic data not as a tool of punishing or control of employees but as a tool supporting the development of employees and balancing the load. The level of managers' empathy is estimated through the perception of employees. In the case when there is high managers' empathy, algorithmic data will be considered together with the employee, and the information on the poor performance of the employee will be used as an input of discussion on development of the employee and not as a disciplinary measure. Therefore, managers' empathy can be considered the contextual variable that decreases the effect of the job-demand side of algorithmic management (APM), namely chronic vigilance and surveillance anxiety because the main source of employees' anxiety about algorithmic management is not the algorithmic system itself but the possibility of malicious use of data. Confirming this statement, Li et al. (2025) noted that perceived organizational

support moderated the appraisal mechanisms of algorithmic management, increasing the challenge mechanism and reducing the threat one.

5. DISCUSSION

5.1. Human-Centered Algorithmic Management Design

The findings of the study place the concept of human-centered algorithmic management at the center of organizational well-being research. This concept means that employee well-being should be considered as an equivalent priority to technical efficiency in the design and management of algorithmic systems. This equivalence does not require that well-being-oriented APM design sacrifice efficiency; because the findings of Liang et al. (2025) show that performance gains and well-being losses can be simultaneous products of the same system through two distinct mediating mechanisms. This asymmetry can render short-term performance gains ineffective, as it will affect employee commitment and intention to leave the organization in the long term.

The four organizational context variables - transparency, autonomy margin, participatory design, and managerial empathy - are positioned as concrete intervention points within this framework. The important point is that each of these variables is not an isolated policy decision, but different facets of the socio-technical integration quality of the algorithmic system. The well-being outcome achieved in a context with low transparency but high managerial empathy will differ from that achieved in a context with high transparency but low empathy; the null finding reported by Cram et al. (2022) on transparency is best read as evidence for precisely such an interaction. Therefore, the interaction patterns between these variables are a question that should be a priority for future research.

5.2. Theoretical Contributions

At the theoretical level, the study offers two original contributions. First, it concretizes the dual-function mechanism of the JD-R model, where the same work environment characteristic simultaneously functions as both a job resource and a job demand, within the context of algorithmic management. Previously, the dual-function mechanism was mostly discussed as a theoretical possibility for specific working conditions (Jiang et al., 2025). APM concretizes this mechanism in its purest and most measurable form.

Second, it systematically relates cognitive appraisal theory to organizational context variables; it conceptualizes how context variables intervene in the primary appraisal stage. This correlation expands traditional cognitive appraisal research, which focuses on individual differences, from an organizational design perspective and shifts the intervention points from

the individual level to the organizational level. Therefore, the theoretical contribution of the study is not limited to enriching a single theoretical framework but produces a new analytical synthesis from the intersection of two theories.

6. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

This study analyzed the paradoxical effects of algorithmic performance management on employee well-being within the framework of cognitive appraisal theory and the job demands-resources model; it conceptualized the organizational context variables that shape these effects. The main argument can be explained as follows: algorithmic systems simultaneously function as both a source of work and a demand for work. The variable that determines the net well-being outcome is not the technical characteristics of the system, but the organizational and managerial context in which the system is implemented. This argument shifts APM research from the question of 'is the system good or bad for the employee?' to 'which organizational conditions make the system more functional for the employee?'

The conceptual nature of the study also determines its main limitation: the proposed mechanism and context variables have not been empirically tested. The primary task of future research is to develop measurement tools for the variables of transparency, autonomy margin, participatory design, and managerial empathy, and to test the moderating role of these variables in the APM-well-being relationship using quantitative methods in different sectors and industries. The Algorithmic Management Questionnaire of Parent-Rocheleau et al. (2024) provides a validated starting point for the exposure side of this measurement agenda, but it does not yet cover the contextual variables discussed here. In particular, the interaction patterns between two pairs of variables - transparency and managerial empathy, autonomy and participatory design - form fruitful starting points for empirical research.

From a managerial perspective, the study offers three concrete implications for organizations implementing algorithmic systems. First, algorithmic transparency should be positioned not as a technical requirement but as a managerial responsibility; managers should communicate algorithmic metrics to employees in a regular and understandable manner. Second, although algorithmic systems are designed to optimize standard behaviors, a degree of autonomy should be maintained, allowing employees a reasonable degree of freedom to deviate from algorithmic guidance. Third, employee participation in system design processes should be considered a win-win strategy that enhances both the perception of procedural fairness and system quality (Zhang et al., 2022); this participation should be structured not as a bureaucratic consultation formality but as a genuine collaborative design process. The widespread adoption of

algorithmic systems in organizations will continue to increase. However, the main argument of this study is that the effects of these systems on employee well-being are not inevitable. Well-being is an outcome of the organizational context, not the technical system. Therefore, human-centered algorithmic management design deserves to be considered as a strategic organizational priority, just like technical R&D investments.

REFERENCES

Bakker, A. B., and Demerouti, E. (2017). Job demands-resources theory: Taking stock and looking forward. Journal of Occupational Health Psychology, 22(3), 273-285. https://doi.org/10.1037/ocp0000056

Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. W. H. Freeman.

Bowdler, M., Lahti, H., Jelenko, M., Buresti, G., and Valtonen, T. (2025). Algorithmic management and psychosocial risks at work: An emerging occupational safety and health challenge. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 52(1), 1-5. https://doi.org/10.5271/sjweh.4270

Cram, W. A., Wiener, M., Tarafdar, M., and Benlian, A. (2022). Examining the impact of algorithmic control on Uber drivers' technostress. Journal of Management Information Systems, 39(2), 426-453. https://doi.org/10.1080/07421222.2022.2063556

Duggan, J., Sherman, U., Carbery, R., and McDonnell, A. (2020). Algorithmic management and app-work in the gig economy: A research agenda for employment relations and HRM. Human Resource Management Journal, 30(1), 114-132. https://doi.org/10.1111/1748-8583.12258

Edmondson, A. (1999). Psychological safety and learning behavior in work teams. Administrative Science Quarterly, 44(2), 350-383. https://doi.org/10.2307/2666999

Gao, X., Wu, W., Guo, Y., and Lu, L. (2025). Promotion or suppression? Effect of perceived algorithmic control on service performance of gig workers. Social Behavior and Personality: An International Journal, 53(10), 1-13. https://doi.org/10.2224/sbp.14812

Hobfoll, S. E. (1989). Conservation of resources: A new attempt at conceptualizing stress. American Psychologist, 44(3), 513-524. https://doi.org/10.1037/0003-066X.44.3.513

Huo, W., Wang, Y., Liang, B., Song, M., and Xie, J. (2025). Algorithmic control in app-work platforms: Exploring its curvilinear impact on work well-being. European Management Review, 23(1), 3-21. https://doi.org/10.1111/emre.70005

Jiang, J., Hu, J., and Li, S. (2025). Control or empowerment: Toward a research agenda on the duality of algorithmic management. Asia Pacific Journal of Human Resources, 63(3), 70016. https://doi.org/10.1111/1744-7941.70016

Kadolkar, I., Kepes, S., and Subramony, M. (2025). Algorithmic management in the gig economy: A systematic review and research integration. Journal of Organizational Behavior, 46(7), 1057-1080. https://doi.org/10.1002/job.2831

Lazarus, R. S., and Folkman, S. (1984). Stress, appraisal, and coping. Springer.

Li, F., Zhan, X., and Liu, Y. (2025). The double-edged sword effect of algorithmic management on work engagement of platform workers: The roles of appraisals and resources. Frontiers in Psychology, 16, 1522088. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1522088

Liang, B., Wang, Y., Huo, W., Song, M., and Shi, Y. (2025). Algorithmic control as a double-edged sword: Its relationship with service performance and work well-being. Journal of Business Research, 189, Makale 115199. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2025.115199

Lu, Y., Yang, M. M., Zhu, J., and Wang, Y. (2024). Dark side of algorithmic management on platform worker behaviors: A mixed-method study. Human Resource Management, 63(3), 477-498. https://doi.org/10.1002/hrm.22211

Parent-Rocheleau, X., Parker, S. K., Bujold, A., and Gaudet, M.-C. (2024). Creation of the algorithmic management questionnaire: A six-phase scale development process. Human Resource Management, 63(1), 25-44. https://doi.org/10.1002/hrm.22185

Ryan, R. M., and Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. American Psychologist, 55(1), 68-78. https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68

Schaufeli, W. B., and Bakker, A. B. (2004). Job demands, job resources, and their relationship with burnout and engagement: A multi-sample study. Journal of Organizational Behavior, 25(3), 293-315. https://doi.org/10.1002/job.248

Warr, P. (1990). The measurement of well-being and other aspects of mental health. Journal of Occupational Psychology, 63(3), 193-210. https://doi.org/10.1111/j.2044-8325.1990.tb00521.x

Zhang, A., Boltz, A., Wang, C. W., and Lee, M. K. (2022). Algorithmic management reimagined for workers and by workers: Centering worker well-being in gig work. CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '22) in (1-20). ACM. https://doi.org/10.1145/3491102.3501866

Zhu, J., Zhang, B., and Wang, H. (2024). The double-edged sword effects of perceived algorithmic control on platform workers' service performance. Humanities and Social Sciences Communications, 11, 316. https://doi.org/10.1057/s41599-024-02812-0

YZ FARKINDALIĞININ MOTİVASYON, PERFORMANS VE YARATICILIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: BİLİŞSEL DEĞERLENDİRME KURAMI ÇERÇEVESİNDE KAVRAMSAL BİR ANALİZ

Assoc. Prof. Dr. Senem ALTAN
Doğuş University, Faculty of Economics, Administrative and Social Sciences, Department of Management Information Systems, 34680 Üsküdar, İstanbul
ORCID ID: 0000-0003-0264-0821

ÖZET

Yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin iş süreçlerine hızla entegre olduğu günümüzde, bir çalışanın bu teknolojileri nasıl algıladığı motivasyon, performans ve yaratıcılık üzerinde belirleyici sonuçlar doğurmaktadır. Mevcut alan yazın bu ilişkiyi giderek daha karmaşık biçimlerde ele almaya başlamıştır. Liang vd. (2022), 317 hizmet çalışanından toplanan çok kaynaklı veriyle, YZ farkındalığının hizmet inovasyon davranışı üzerinde çift taraflı bir mekanizmayla işlediğini; duygusal tükenme yoluyla inovasyonu baskılarken içsel motivasyon yoluyla inovasyonu beslediğini tespit etmiştir. Zhao vd. (2025) ise YZ farkındalığının, YZ kullanım yolu aracılığıyla, performansı biçimlendirdiğini göstermiştir.

Bununla birlikte söz konusu çalışmalar motivasyon, performans ve yaratıcılığı aynı anda açıklayan bütünleşik bir mekanizma sunmamaktadır. Bu boşluğu doldurmak amacıyla çalışma, YZ Farkındalığı-Algı-Reaksiyon (YZ-FAR) modelini önermektedir. Model, bilişsel değerlendirme kuramını (Lazarus ve Folkman, 1984), öz-belirleme kuramını (Deci ve Ryan, 2000), kaynak koruma kuramını (Hobfoll, 1989) ve iş talepleri-kaynaklar modelini (Bakker ve Demerouti, 2017) birleştiren dört katmanlı bir yapıya sahiptir. Model; YZ farkındalığı girdisi, birincil değerlendirme (fırsat/tehdit), ikincil değerlendirme (başa çıkma kapasitesi) ve reaksiyon yollarını içermektedir. Modelin temel argümanı: aynı düzeyde YZ farkındalığı farklı çalışanlarda birbirinden keskin biçimde ayrışan davranışsal örüntüler üretmektedir. Bu ayrışmayı belirleyen etken; farkındalığın kendisi değil, ikincil değerlendirme sürecinde çalışanın başa çıkabileceğine inanıp inanmadığıdır. Çalışma ayrıca psikolojik güvenlik, öz-yeterlik, büyüme zihniyeti, iş özerkliği (otonomi) ve YZ okuryazarlığının bu süreçteki düzenleyici rolünü tartışmakta ve bu değişkenleri örgütsel müdahale noktaları olarak konumlandırmaktadır. Özellikle yaratıcılık bağlamında dikkat çekici bir paradoks ortaya çıkmaktadır. YZ tehdit algısı belirli koşullarda yaratıcı motivasyonu kısmen besleyebilmesine karşın otomasyon kaygısı işin yeniden tasarım davranışlarını sistematik olarak baskılamaktadır. Dolayısıyla pozitif psikoloji temelli refah girişimleri performans göstergelerini iyileştirirken yaratıcılık altyapısını zedeleyebilmektedir. Kuramsal katkı açısından çalışma, motivasyon, performans ve yaratıcılığı ayrı değişkenler olarak değil, tek bir

bilişsel değerlendirme sürecinin birbirini izleyen çıktıları olarak çerçevelemektedir. Yönetimsel açıdan ise YZ entegrasyonu süreçlerinde teknik altyapı yatırımlarının bilişsel destek altyapısıyla eş zamanlı kurulması gerektiğini vurgulamaktadır.

Anahtar kelimeler: YZ farkındalığı, bilişsel değerlendirme, iş motivasyonu, çalışan yaratıcılığı, paradoksal etki

THE EFFECTS OF AI AWARENESS ON MOTIVATION, PERFORMANCE, AND CREATIVITY: A CONCEPTUAL ANALYSIS WITHIN THE FRAMEWORK OF COGNITIVE APPRAISAL THEORY

ABSTRACT

In today's world, where artificial intelligence (AI) technologies are rapidly integrating into business processes, how an employee perceives these technologies has decisive consequences for motivation, performance, and creativity. The existing literature has begun to address this relationship in increasingly complex ways. Liang et al. (2022), using multi-source data collected from 317 service employees, found that AI awareness operates through a bidirectional mechanism on service innovation behavior; it suppresses innovation through emotional exhaustion while fostering innovation through intrinsic motivation. Zhao et al. (2025) also showed that AI awareness shapes performance through the pathway of AI use.

However, these studies do not offer an integrated mechanism that explains motivation, performance, and creativity simultaneously. To fill this gap, this study proposes the AI Awareness-Perception-Reaction (AI-APR) model. The model has a four-layered structure incorporating cognitive appraisal theory (Lazarus and Folkman, 1984), self-determination theory (Deci and Ryan, 2000), conservation of resources theory (Hobfoll, 1989), and the job demands-resources model (Bakker and Demerouti, 2017). The model includes AI awareness input, primary appraisal (opportunity/threat), secondary appraisal (coping capacity), and reaction pathways. The model's central argument is that the same level of AI awareness produces sharply different behavioral patterns in different employees. The determining factor for this divergence is not awareness itself, but whether the employee believes they can cope during the secondary appraisal process. The study also discusses the moderating role of psychological safety, self-efficacy, growth mindset, job autonomy, and AI literacy in this process, positioning these variables as points of organizational intervention. A striking paradox emerges, particularly in the context of creativity. While the perception of AI threat can partially foster creative motivation under certain conditions, anxiety about automation systematically suppresses work redesign behaviors. Therefore, well-being initiatives based on positive psychology can improve performance indicators but undermine the foundation of creativity.

From a theoretical perspective, the study frames motivation, performance, and creativity not as separate variables, but as successive outcomes of a single cognitive appraisal process. From a managerial standpoint, it emphasizes that technical infrastructure investments in AI integration processes should be established simultaneously with cognitive support infrastructure.

Keywords: AI awareness, cognitive appraisal, work motivation, employee creativity, paradoxical effects

1. INTRODUCTION

The implementation of AI technologies in organizational activities has changed entirely the discussions about job design that had been a concern for organizational behavior theorists for quite some time. The changes are not limited to an upgrade in technology; they imply changes in the cognitive and emotional processes of motivating, performing, and creating ideas by employees. The perception that employees have regarding the technologies used is the key factor influencing their reactions (Lazarus & Folkman, 1984). In order to understand the effect of implementing AI in organizations on the results that it produces, there is a need to use conceptual models that would look at AI awareness as a cognitive interpretation process.

The current literature has begun to address the relationship between AI awareness and employee outcomes in increasingly complex ways. Liang et al. (2022), in a multisource study of 317 service employees in China, showed that AI awareness produces a double-edged sword effect on service innovative behavior: it raises emotional exhaustion and thereby inhibits innovative behavior (the strain pathway), while at the same time stimulating intrinsic motivation and thereby promoting it (the motivation pathway), with employees' future orientation buffering the former and strengthening the latter. Zhao et al. (2025), in a multi-time-point study of 353 employees, empirically demonstrated that AI awareness operates on in-role and extra-role performance through perceived overqualification and two subsequent distinct pathways - reflection on AI usage and dependence on AI usage - with employee-AI collaboration moderating the first link. A systematic review of this literature reaches the same conclusion at the aggregate level: the findings on AI awareness and employee outcomes remain inconclusive precisely because they are not organized around a common mechanism (Bakir et al., 2025). These findings clearly show that the effect of AI awareness is not unidirectional or linear.

The current paper highlights three major gaps in the existing literature. First, it is worth noting that previous studies have not developed a single mechanism that incorporates motivation, performance, and creativity. Second, existing studies provide insufficient conceptualization of

the cognitive processes leading to divergent results. Third, it is possible to note that there is a lack of a systematic investigation of organizational and individual variables moderating the examined relationship. In order to bridge the identified gaps, it is proposed to employ the AI Awareness-Perception-Reaction (AI-APR) model.

In its turn, the proposed AI-APR model follows a four-layer structure, which involves cognitive appraisal theory (Lazarus and Folkman, 1984), self-determination theory (Deci and Ryan, 2000), conservation of resources theory (Hobfoll, 1989), and the job demands-resources model (Bakker and Demerouti, 2017). According to the suggested model, identical levels of AI awareness may lead to extremely different behaviors of employees; the key factor in the discussed case is not an awareness itself but whether the employee is capable of coping with the process of secondary appraisal. Therefore, the impact of AI on employee outcomes should be analyzed in terms of cognition and organizational characteristics rather than technological determinism.

The structure of the paper is as follows: Section two provides the theoretical background of the model; Section three examines the four layers of the AI-APR framework and corresponding moderators; Chapter four elaborates on the main arguments of the model paying special attention to the creativity paradox; Chapter five touches upon theoretical implications and managerial practices as well as future research directions.

2. CONCEPTUAL FRAMEWORK

2.1. AI Awareness: Definition and Dimensions

AI awareness refers to the level of knowledge, understanding, and awareness that an employee has regarding artificial intelligence technologies used in the workplace (Liang et al., 2022). This concept should be distinguished from AI literacy; since AI literacy focuses on technical competence and usage skills, AI awareness encompasses the employee's perceptual and cognitive evaluations of the impact of these technologies on themselves and their work processes. Therefore, awareness is not a prerequisite for competence; it is a perceptual framework within which competence can operate independently. The systematic review by Bakir et al. (2025) shows that the construct has been operationalized in the literature under partly overlapping labels- AI awareness, STARA (Smart Technology, AI, Robotics, and Algorithm) awareness, AI disruption threat- a terminological fragmentation that is itself one source of the inconsistent findings.

AI awareness can be conceptualized through three dimensions: (1) functional awareness, i.e., knowledge of what the AI technology does; (2) impact awareness, i.e., expectations about how

this technology will change their work and the organization; and (3) existential awareness, i.e., awareness of the position of their career and identity in this transformation. These three dimensions are conceptually distinct from each other; however, together they form the raw input of the secondary evaluation process.

2.2. Cognitive Appraisal Theory

Lazarus and Folkman's (1984) cognitive appraisal theory suggests that individuals' responses to stressful stimuli stem not directly from the stimulus itself, but from how the individual evaluates that stimulus. The theory explains a two-step evaluation process. In primary evaluation, the individual assesses whether the stimulus is a challenge or a threat; in secondary evaluation, the individual evaluates whether he/she has adequate resources to exploit the challenge or to deal with the threat. The model is particularly relevant to the issue of AI awareness as artificial intelligence technologies themselves are neither a threat nor an opportunity per se but depend on the perception of the employees themselves. Indeed, in their empirical study, Huang and Gursoy (2024) found out that integration of AI technologies in service employees was simultaneously evaluated as a challenge linked to thriving at work and proactive behavior and as a barrier linked to job insecurity and reduced proactive behavior. As a result, two employees possessing the same level of knowledge about AI can generate entirely different outcomes depending on the perception of resources in the secondary evaluation stage.

2.3. Self-Determination Theory

Deci and Ryan's (2000) self-determination theory (SDT) focuses on the basic psychological needs that determine the quality of motivation, whether it is intrinsic or extrinsic. These needs are defined as autonomy, competence and relatedness. Whether an employee's perception of AI satisfies or threatens these three basic needs is the critical variable that determines his or her motivational orientation.

When AI awareness is considered as a signal that threatens the need for competence, it paves the way for controlled extrinsic motivation; Conversely, when AI is positioned as a resource that supports the need for competence, it reinforces intrinsic motivation. This distinction is of critical importance in terms of creativity, as it has decisive consequences not only on the level of motivation but also on the quality of motivation; because intrinsic motivation is considered the strongest determinant of creative performance (Amabile, 1996).

2.4. Conservation of Resources Theory and Job Demands-Resources Model

Hobfoll's (1989) conservation of resources theory (COR) suggests that individuals are motivated to conserve and increase their valuable resources, including time, energy, status,

skills, and identity. Concerning AI awareness, the perception that abilities and job roles of an employee can be substituted by AI becomes a source of threat associated with resource loss, which triggers defensive, withdrawal or passive behavior with the focus on resource preservation. The model of job demands-resources (JD-R) by Bakker and Demerouti (2017) appears to be relevant enough to understand the nature of the double-faced nature of the usage of AI in relation to work. When AI is perceived as a job resource, it develops the skills of an employee and improves performance; and when it is treated as a job demand, then it creates a situation of energy expenditure especially considering adaptation requirements and learning challenges. Both evaluation modes can exist at once with respect to one and the same employee, and the final outcome depends on the strength of secondary evaluation.

3. AI-Awareness-Perception-Reaction (AI-APR) MODEL: THEORETICAL ANALYSIS

3.1. General Structure of the Model

The AI Awareness-Perception-Reaction (AI-APR) model presents an integrated four-level system based on the principles of cognitive evaluation theory, which includes the following levels: (1) AI awareness input, (2) primary evaluation (evaluation of the threat or the opportunity), (3) secondary evaluation (coping ability evaluation), and (4) reaction paths. According to this model, motivation, performance, and creativity should be viewed not as separate dependent variables but rather as a sequence of outputs of the same cognitive evaluation process.

3.2. Layer 1: AI Awareness Input

The first level of the model illustrates the degree of AI awareness of an employee and the content of this awareness, including knowledge, concerns, and future expectations of the individual. There is a major differentiation made here: high levels of awareness do not necessarily lead to better or worse results compared to the low levels of awareness since it is not the level of awareness itself, but rather the way it is included into the evaluation process that impacts the outcome. This fact is supported by Zhao et al. (2025): in their model, the same amount of awareness input, when processed via perceived overqualification, splits into perceptions regarding AI use and reliance on AI use, having opposite impact on in-role and extra-role performance, respectively.

Awareness input is formed through three sources: organizational communication channels (communication of AI via managers), social comparison processes (observation of colleagues' reaction to AI), and personal experience (personal interaction with AI). The content and level

of the three sources significantly pre-determine the major evaluation process. Therefore, organizational communication strategy becomes one of the most important intervention points.

3.3. Layer 2: Primary Assessment- Opportunity or Threat?

At the second layer, workers evaluate the consequences of the usage of AI technology to them regarding their work and career paths. There are two basic forms of such assessment: opportunity-based evaluation and threat-based evaluation. The two mentioned forms of appraisal do not exclude each other, meaning that one person can simultaneously feel both opportunity and threat. Liang et al. (2022) describe the mentioned simultaneity by using the concept of double-edged sword and prove that AI awareness can lead to the service innovative behavior through the channel of intrinsic motivation and its negative influence on it through emotional exhaustion. Liu and Cheng (2025) confirm the existence of the mentioned double structure by studying the hotel workers from Shanghai, Paris, and Seoul, proving the impact of AI awareness on work engagement through the promotion path (recovery level) and AI boycott through hindering path (job insecurity).

Opportunity evaluation involves the anticipation that AI would increase the capacity and the efficacy of the current job and serves as the signaling system for the needs of competence within the SDT framework. Threat evaluation, on the other hand, acts as the perception of the risks of the loss of the resources due to automation substitution, skill obsolescence concerns, and identity uncertainty; it triggers the protective mechanisms within the COR framework.

3.4. Layer 3: Secondary Evaluation- Coping Capacity

The most important element in this model is secondary appraisal. This is where the employee asks, “Can I handle this?” The answer to this question becomes the most powerful determining factor of the pattern, regardless of how the primary appraisal process turns out. When an employee appraising an opportunity believes they do not have the capacity to mobilize these resources, the perception of opportunity fades before it transforms into motivational activation; conversely, when an employee appraising a threat believes they can cope with the threat, the threat can paradoxically partially fuel creative motivation.

An inevitable consequence of this mechanism can be explained as follows:

The fundamental point of intervention in AI integration processes is not to change the employee's level of awareness already provided by the external environment. The main importance lies in strengthening the employee's secondary evaluation capacity. The main determinants of coping capacity appear to consist of self-efficacy perception, cognitive flexibility, and organizational support. The threat created by the degree of difficulty

encountered encourages performance and innovation under certain conditions (LePine et al., 2005). The point to note here is that this encouragement occurs only when there is a sufficient level of perceived coping capacity.

Teng et al. (2025) support this issue with their research. In the study, in 554 employee-manager paired groups, it was observed that STARA awareness difficulty evaluation led to proactive customer service performance through job commitment only when employee resilience was high. In contrast, it was found that obstacle evaluation directly reduced performance.

3.5. Layer 4: Reaction Pathways

The combination of primary and secondary evaluations reveals four basic response pathways. The first pathway appears to be proactive adoption, consisting of a combination of opportunity assessment and high coping capacity. In this pathway, motivation increases intrinsically. Performance tends to improve, and creativity takes the form of independent curiosity behavior using AI as a tool for exploration. Within the framework of Self-Determination Theory (SDT), three needs—competence, autonomy, and relatedness—are also supported. Li et al. (2025), in a two-wave empirical study with 413 knowledge workers, distinguished this proactive behavior pathway from the withdrawal pathway described below and found that achievement motivation strengthened the former while weakening the latter. The second trajectory is referred to as a passive expectation one and is marked by the presence of both opportunity assessment and low coping capacity. In this trajectory, opportunity perception is triggered, but the capacity perception is not enough to use the opportunity. As a result, motivation is low, performance stays at the same level or gets some insignificant improvements, and creative activities stay limited. This kind of trajectory is typical for the organizational context and is usually seen in the very early stages of AI integration. The third trajectory is considered an adaptive transformation one and is based on the combination of threat perception and high coping capacity. This is the most complex and theoretically interesting combination of the model since the perception of threats changes from defensive actions to active adaptation and repositioning. Performance can be unstable in the short term but improves in the long run. On the adaptive transformation trajectory, creativity is stimulated, especially due to the existence-based motive of changing something.

The last trajectory is referred to as withdrawal and burnout and is characterized by the combination of threat perception and low coping capacity. Here, the conservation of resources (COR) perspective becomes the dominating one. Individuals tend to conserve their already available resources and not to invest any new efforts. Motivation is getting lower, performance

is getting worse, and creativity is especially hindered. As was found out by Bai et al. (2024), this trajectory occurs in the empirical sample of 327 individuals cooperating with AI and experiencing the awareness about AI which transforms into unproductive behavior because of the psychological contract breach and emotional exhaustion. As a result, job-shaping behaviors are reduced in this case. According to Mo et al. (2024), the awareness of AI leads to the prevention-oriented work shaping rather than to incentive-oriented one if the resources are limited.

3.6. Moderating Factors

There are five main variables identified in the AI-APR model that control primary and secondary appraisals. According to Bandura (1997), self-efficacy is an assessment made subjectively about an individual's capability to perform a task, impacting secondary appraisal. Higher self-efficacy increases perceived coping capability at a certain level of awareness and threats. According to Edmondson (1999), psychological safety is a state of a team environment where interpersonal risks are considered safe. Safety environment increases the level of perceived opportunity in primary appraisal and strengthens coping capability in secondary appraisal. Growth mindset is, according to Dweck (2006), the idea that skills could be developed through effort, acting as a filter of a person's cognitive process turning a threat into an opportunity due to artificial intelligence. Dong et al. (2025) provide an empirical analog, showing that an individual learning ability moderates the impact of artificial intelligence on challenge and obstacles stress appraisals. Job autonomy is the level of control over the processes of work that an employee possesses. With high autonomy, workers can perceive integration of artificial intelligence as something preferred, not something threatening, thus strengthening intrinsic motivation based on SDT principle. AI literacy works as a filter of awareness input. Under low literacy conditions, equal amount of information leads to a much higher perceived level of threat, but with high literacy, the same information is more easily turned into opportunities.

4. DISCUSSION

4.1. The Creativity Paradox

In terms of the AI-APR model, one of its key findings is about creativity. Indeed, in the existing literature on organizational well-being, the conventional wisdom has been the idea that negative psychological states, primarily anxiety and threat perception, consistently inhibit creativity. The AI-APR model refutes the assumption by suggesting that in a threat-high and high coping capacity configuration, the AI threat perception can become the partial motivator

of creative activity under certain conditions. The empirical evidence to the claim is provided by Wang et al. (2022). Specifically, in the sample of 264 Chinese hotel workers, AI and robotic awareness indirectly increased employee creativity through active learning and task creation, where locus of control moderated the indirect effects. Namely, the perception of threat leads to creativity only in those who perceive themselves able to act. The mechanism for the above-mentioned paradox runs as follows: the AI threat triggers the question "How can I differentiate myself?", which becomes the strong motivator of creative problem-solving. On the contrary, as automation anxiety increases and coping capacity decreases, the individuals switch to resource protection mode which consistently inhibits job redesign activities and thus depletes the cognitive resources for creativity. Mo et al. (2024) illustrate both poles of the above-mentioned continuum with one study design and suggest that AI awareness activates both promotion and prevention job shaping processes separately, where service-oriented leadership further reinforces the former one. The implication from the paradox is significant. Namely, welfare interventions aimed at the complete elimination of threat perception in cases of high psychological safety will lead to partial decrease in creative activity because the threat that was the source of differentiation motivation is reduced. Thus, well-being interventions based on positive psychology will improve performance metrics but will impair the basis for creativity.

4.2. Theoretical Contributions

In terms of the literature, the proposed model adds theoretical insights to the current understanding of the research problem from three perspectives. First, it considers motivation, performance, and creativity not as isolated dependent variables but as sequential consequences of one cognitive evaluation process. The consideration of such interconnections explains the covariation among the three outcomes mentioned above and provides the explanation as to why they could paradoxically differ under certain conditions via one unified mechanism. Second, the proposed model provides the connection between the results obtained in Liang et al. (2022), Zhao et al. (2025), and Li et al. (2025) and one unified theoretical mechanism. Though these researchers observed the differences among the outcomes mentioned above, they have not explained how they emerged via cognitive processes. Finally, the model provides the integration of cognitive appraisal theory, Self-Determination Theory (SDT), Conservation of Resources (COR), and the JD-R model into one analytical approach.

4.3. Managerial Implications

AI-APR assumes that organizations have to make investments in technical infrastructure and cognitive infrastructure concurrently during the process of AI integration. In individuals,

interventions like self-efficacy enhancement and AI-literacy improvement increase secondary appraisal directly. However, in designing a program, one should focus not only on information transmission but also on the development of employees' belief in their ability to cope with the situation; as, despite the statistical correlation between literacy and self-efficacy, these are different constructs.

On the team level, creating a climate of psychological safety becomes a central intervention goal. The climate of psychological safety means an environment in which the staff can express their worries about AI technology, is not punished for mistakes and learns through trial and error. On the organizational level, the AI integration communication framework becomes a crucial policy variable: when management uses AI as not just a tool for increasing efficiency but also as a means to improve employees' ability, it adds value to primary appraisal. This is confirmed empirically by Yin et al. (2024) who in their two-wave survey among 478 hotel employees, supplemented by an experiment, prove interaction of change-oriented leadership with AI awareness that helped to transform employees' motivation from avoidance towards approach, making them collaborate with AI. Hence, the communication framework is an important organizational decision-making factor alongside technology itself.

5. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The current study proposes the AI Awareness-Perception-Reaction (AI-APR) model as a way to capture the effect of AI awareness on motivation, performance, and creativity, and to position it within four theoretical paradigms with the focus on the cognitive appraisal theory. The unique contribution of this model is the positioning of AI awareness as an independent variable that is the input of the primary and secondary appraisals. This way, one is able to understand why equal levels of AI awareness result in different outputs for different employees. The proposed perspective transforms AI integration from something unmanageable into a cognitively and organizationally controllable process.

In terms of the contributions of the study to the extant literature, there are three of them that need to be highlighted: (1) a model linking motivation, performance, and creativity; (2) a mechanistic explanation of the creativity paradox; (3) a model integrating cognitive appraisal theory, SDT, COR, and JD-R in the AI context. All these contributions should be viewed against the background of the limitations of the conceptual nature of the study. The lack of empirical tests of the model and corresponding measurement tools makes the primary focus of future research empirical evaluation of the four response pathways of the model in various organizational settings with the use of quantitative and qualitative methods.

Empirical verification of the four response pathways of the AI-APR model is a research agenda that consists of several parts. First, the measurement and operationalization of the secondary appraisal capacity is the key to success here, because it has not been done before. The framework of Bakir et al. (2025) to consolidate fragmented metrics of AI awareness gives a starting point to deal with the input part of the research agenda. It is empirically unknown at what conditions the combination of threat and high secondary appraisal capacity boosts creative motivation and after which point this relationship turns around. Longitudinal and multi-level studies seem to be needed for this purpose. Moderation by cultural context is another important element of the research agenda. Uncertainty tolerance, individualism-collectivism value orientations, power distance, and other cultural variables can influence the patterns of primary and secondary appraisals; therefore, the cross-cultural validity of the model should be investigated. With the acceleration of AI integration in organizations, the need for tools to manage the human aspect of it appears. The AI-APR model can serve as a tool for this purpose.

REFERENCES

Amabile, T. M. (1996). Creativity in context: Update to the social psychology of creativity. Westview Press.

Bai, S., Zhang, X., Yu, D., and Yao, J. (2024). Assist me or replace me? Uncovering the influence of AI awareness on employees' counterproductive work behaviors. Frontiers in Public Health, 12, 1449561. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1449561

Bakir, S., Doğru, T., Bilgihan, A., and Ayoun, B. (2025). AI awareness and employee-related outcomes: A systematic review of the hospitality literature and a framework for future research. International Journal of Hospitality Management, 124, 103973. https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2024.103973

Bakker, A. B., and Demerouti, E. (2017). Job demands-resources theory: Taking stock and looking forward. Journal of Occupational Health Psychology, 22(3), 273-285. https://doi.org/10.1037/ocp0000056

Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. W. H. Freeman.

Deci, E. L., and Ryan, R. M. (2000). The 'what' and 'why' of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. Psychological Inquiry, 11(4), 227-268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01

Dong, X., Tian, Y., He, M., and Wang, T. (2025). When knowledge workers meet AI? The double-edged sword effects of AI adoption on innovative work behavior. Journal of Knowledge Management, 29(1), 113-147. https://doi.org/10.1108/JKM-02-2024-0222

Dweck, C. S. (2006). Mindset: The new psychology of success. Random House.

Edmondson, A. (1999). Psychological safety and learning behavior in work teams. Administrative Science Quarterly, 44(2), 350-383. https://doi.org/10.2307/2666999

Hobfoll, S. E. (1989). Conservation of resources: A new attempt at conceptualizing stress. American Psychologist, 44(3), 513-524. https://doi.org/10.1037/0003-066X.44.3.513

Huang, Y., and Gursoy, D. (2024). How does AI technology integration affect employees' proactive service behaviors? A transactional theory of stress perspective. Journal of Retailing and Consumer Services, 77, 103700. https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103700

Lazarus, R. S., and Folkman, S. (1984). Stress, appraisal, and coping. Springer.

LePine, J. A., Podsakoff, N. P., and LePine, M. A. (2005). A meta-analytic test of the challenge stressor-hindrance stressor framework: An explanation for inconsistent relationships among

stressors and performance. Academy of Management Journal, 48(5), 764-775. https://doi.org/10.5465/amj.2005.18803921

Li, Z., Choi, M.-C., and Kim, H.-E. (2025). AI awareness and employee innovation: A dual-pathway moderated mediation model within organizational systems. Systems, 13(7), 530. https://doi.org/10.3390/systems13070530

Liang, X., Guo, G., Shu, L., Gong, Q., and Luo, P. (2022). Investigating the double-edged sword effect of AI awareness on employee's service innovative behavior. Tourism Management, 92, 104564. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2022.104564

Liu, S., and Cheng, P. (2025). The double-edged sword effect of artificial intelligence awareness among hotel employees. International Journal of Contemporary Hospitality Management, 37(3), 997-1015. https://doi.org/10.1108/IJCHM-01-2024-0051

Mo, Z., Liu, M. T., and Ma, Y. (2024). How AI awareness can prompt service performance adaptivity and technologically-environmental mastery. Tourism Management, 105, Makale 104971. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2024.104971

Teng, H.-Y., Li, M.-W., and Chen, C.-Y. (2025). Does smart technology, artificial intelligence, robotics, and algorithm (STARA) awareness have a double-edged-sword influence on proactive customer service performance? Effects of work engagement and employee resilience. Journal of Hospitality Marketing & Management, 34(3), 443-466. https://doi.org/10.1080/19368623.2025.2449853

Wang, H., Zhang, H., Chen, Z., Zhu, J., and Zhang, Y. (2022). Influence of artificial intelligence and robotics awareness on employee creativity in the hotel industry. Frontiers in Psychology, 13, 834160. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.834160

Yin, Z., Kong, H., Baruch, Y., L'Espoir Decosta, P., and Yuan, Y. (2024). Interactive effects of AI awareness and change-oriented leadership on employee-AI collaboration: The role of approach and avoidance motivation. Tourism Management, 105, 104966. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2024.104966

Zhao, H., Ye, L., Guo, M., and Deng, Y. (2025). Reflection or dependence: How AI awareness affects employees' in-role and extra-role performance? Behavioral Sciences, 15(2), 128. https://doi.org/10.3390/bs15020128

EUROPEAN UNION RENEWED REGULATIONS IN TRANSPORTATION, ENERGY AND COMMUNICATION: TRANS-EUROPEAN NETWORK POLICY

Assoc. Prof. Dr. Dilara SÜLÜN
İzmir Democracy University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of International Relations, 35140 Karabağlar, İzmir
ORCID ID: 0000-0001-8874-5194

ABSTRACT

The European Union goals and objectives related to transportation, energy and communication projects are combined within the "Trans-European Network" Policy, known shortly as "TEN". Originally the TEN policy was established to empower the European single market by removing barriers and enhancing connection between the EU member states and the EU bordering states. The TEN policy covers transportation, energy and telecommunication sectors, all aiming to facilitate EU's green deal objectives and digital transitions.

While the transportation (TEN-T) policy aims to connect projects combining roads, airports, railways and waterways, its core network is expected to complete the objectives by 2030; however, the extended core network is set for 2040, and a more comprehensive network is planned for 2050. The Energy (TEN-E) policy combines cross-border electricity, hydrogen, and gas pipelines projects within the EU and bordering states to enhance renewable energy sources. The digital (Telecommunication) policy aims to increase high-capacity data networks between the EU and bordering countries including 5G and communication infrastructure. The overall objectives are to connect the peripheral and remote regions to central EU markets; to provide sustainability by promoting low-emission transport modes and to ensure interoperability by standardizing national technical rules.

This study analyses the important regulations and changes that were adopted in the new 2022 TEN-E Regulation and the revised 2024 TEN-T Regulations. The EU updated its framework in 2022 and in 2024 with stricter operational rules and enforced physical structural deadlines. The new regulations shifted energy partnerships away from fossil fuels, which means that natural gas and oil projects would no longer be funded by the EU. Instead of fossil fuels, the regulation introduced support for hydrogen pipelines, smart gas grids, wind and maritime renewable energy. The study points that the new "Projects of Mutual Interest" (PMIs) framework provides EU funds for only "climate-compatible infrastructure" projects with non-EU countries and provides in this respect recommendations for countries.

Keywords: Trans-European Network Policy, Energy, Transportation, Telecommunication, Projects of Mutual Interest

1. INTRODUCTION

The “Trans-European Networks” (TEN) are among the issues prioritized by the European Union (EU) and are of great interest to many countries, including Türkiye. Through this policy, the EU aims to foster economic cohesion and social development among member states across the sectors of rail, road, and maritime transport, ports and airports, as well as energy and communications. Under the Trans-European Networks policy, the EU provides financial support for projects involving member and neighboring countries to enhance national and international transport connections. Key areas of cooperation include the transport of vital energy resources from Türkiye, the Caucasus, the Middle East, and North Africa to EU countries, as well as the strengthening of telecommunications networks. The European Commission considers the TEN projects as an important contributor to a more dynamic and sustainable employment and economic growth (Van Exel et al. 2022: 299).

The EU uses the TEN policy as a tool to reduce socio-economic disparities between European regions of the old and new member states Spiekermann and Wegener, 1996: 35). Today, considering global climate and environmental issues, the importance of the Trans-European Networks policy is increasing, especially in the context of the EU's 2030 and 2050 goals and global threats. Within the scope of the Trans-European Networks policy, the EU supports projects involving member and neighboring countries with financial funds to improve national and international transport connections. The transportation of important energy resources from Türkiye, Caucasus region, Middle East and North African countries to the EU countries and the strengthening of telecommunication networks are the main priority areas of cooperation.

This study examines first the components of the Trans-European Networks policy and the major cooperation projects between EU countries and Türkiye. The study would then explore the important regulations and changes that were adopted in the new 2022 TEN-E Regulation and the revised 2024 TEN-T Regulations. Because of the EU’s change in the 2022 and 2024 frameworks, the operational rules are now stricter, and they have re-enforced physical structural deadlines. The most important change relies in the shift of energy partnerships away from fossil fuels, which means that natural gas and oil projects are no longer funded by the EU. Instead of fossil fuels, the new regulations introduced support hydrogen pipelines, smart gas grids, wind and maritime renewable energy. As a consequence, the study also explores the new “Projects of Mutual Interest” (PMIs) framework that provides EU funds for only “climate-compatible infrastructure” projects with non-EU countries and provides in this respect recommendations for countries.

2. THE LEGAL BACKGROUND OF THE TRANS-EUROPEAN TRANSPORT NETWORK POLICY

2.1. The Maastricht Treaty

The Trans-European Network policy gained concrete existence in 1992 within the articles 154-156 of the Maastricht Treaty and became an important EU policy. Trans-European Networks (TEN) Chapter has 3 sub-chapters:

- Transport,
- Energy and
- Telecommunications.

The main purpose of TEN-Transportation (TEN-T) is to create the physical infrastructure of the 'Single European Transport Area' in order to facilitate the free movement of persons, goods and services between Member States.

Transport directly affects everyone in Europe and is a strategic sector of the EU economy. As part of a wider system of Trans-European Networks, including a tele communications network (eTEN) and an energy network (TEN E), the creation of the Trans European Transport Network (TEN T) aims a better operation of the internal market and to strengthen economic and social cohesion (European Commission, 2026).

By Decision No 1692/96/EC of the European Parliament and of the Council of 23 July 1996 the TEN T guidelines were initially adopted. With the review of TEN T policy on 17 October 2013, nine Core Network Corridors were identified to facilitate the coordinated development.

Figure 1. TEN-T Core Network

Source: European Commission

The purpose of TEN-Energy (TEN-E) is:

- to build the oil and gas pipelines necessary to connect the energy resources from Caspian, Middle East and North African regions to the EU markets, and
- to build electricity transmission lines to facilitate electricity exchange and to ensure that line connections and the interoperability of electrical systems.

The aim of TEN-Telecommunication (TEN-Telecom) is to form a Europe-wide integrated telecommunications network and the creation of the information society.

The EU revised the principles of the Trans-European Transport Networks with the regulation 1315/2013 which entered into force in 2013. With this policy, the EU aims economic cohesion and social development in the fields of railways, land and maritime routes, ports and airports, transportation, energy, and communication between member states. The EU's objective was to improve the transportation network and infrastructure both within the EU itself and with the neighboring countries as well, and to facilitate the free movement of people, products, and services.

Spain is currently the second country in the world in terms of the number of kilometers of high-speed rail track in operation. European transport policies with traffic liberalization and the extension of the TEN-T network continue to emphasize the close relationship between rail and urban space. EU funds have an immense impact on this development, the EU mobilized a total of EUR 23.731,1 million between 2000-2017, of which 47.3% went to the Spanish network, that was followed by German (11.4%), Italian (8.6%), French (8.4%), and Polish (8.4%) networks (Boira and Berzi, 2023).

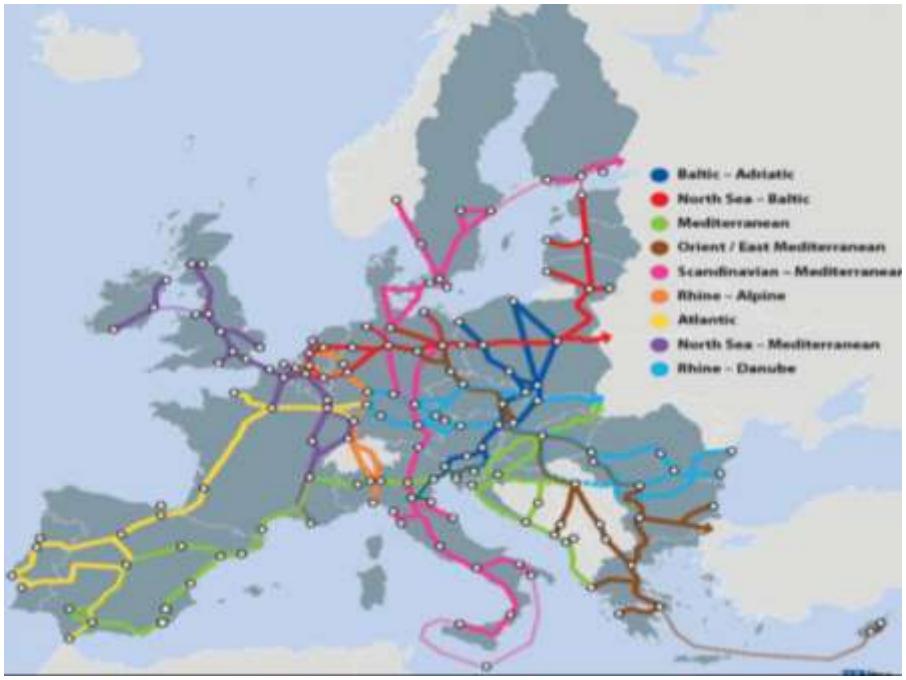
3. THE EUROPEAN UNION 2030 and 2050 GOALS

Today, considering global climate and environmental issues, the importance of the Trans-European Networks policy is increasing, especially in the context of the EU's 2030 and 2050 goals and global threats. Within the scope of the Trans-European Networks policy, the EU supports projects involving member states and neighboring countries with financial funds to improve national and international transport connections. TEN-T comprises three "network layers":

1. The "Core Network" includes the most important connections, linking the most important nodes, is to be completed by 2030,
2. the new intermediary "Extended Core Network" to be completed by 2040 and
3. the "Comprehensive Network" covers all European regions and is to be completed by 2050.

The backbone of the Core Network is represented by 9 Core Network Corridors, which were identified to streamline and facilitate the coordinated development of the Core Network. There are two horizontal priorities: the European Rail Traffic Management System (ERTMS) and the Motorways of the Sea which complement these.

Figure 2. European Rail Traffic Management System (ERTMS)



Source: European Commission

Figure 3. Motorways of the Sea

Source: European Commission

In the TEN-E (Energy) Network, the EU wants to strengthen both electricity and natural gas networks across its borders, to ensure their integration and to secure the flow of a regular electricity and gas supply. Half of the energy consumed in the EU is imported from third countries. This rate is expected to reach 70% in 2030. One of the goals of EU energy policy is to ensure that the supply is not interrupted. In this context, connection studies in the field of natural gas between Türkiye and EU countries are being carried out and studies are continuing to enable the trade of energy resources. Türkiye's position as a bridge between energy consuming western countries on one hand and oil and natural gas producers on the other hand, when viewed from the perspective of energy supply security, increases the importance of Türkiye.

On September 18th 2010, the Turkish electricity system was linked to the European Network of Transmission System Operators for Electricity) ENTSO-E zone and operation test started between Türkiye, Greece and Bulgaria. The positive results of the Turkish electricity system trial process with ENTSO-E were declared on September 19th, 2013. Thus, the permanent connection of the electrical system was foreseen with the Long-Term Agreement with TEİAŞ. Permanent electricity connection between TEİAŞ and ENTSO-E was reached with the signing of the "Long Term Agreement" on 15 April 2015 in Brussels, defining the technical and legal obligations. TEİAŞ became an observer member of ENTSO-E in 2016 (Turkish Ministry of Foreign Affairs, Directorate of EU Affairs, 2026).

Completed projects are:

- The Construction of the 'Köseköy – Gebze' Section of the Ankara-Istanbul High Speed Train Line
- The Rehabilitation and Signaling Project of Irmak - Karabük - Zonguldak Railway Line
- The Samsun – Kalın Railway Line Project

On-going projects are:

Construction of the Çerkezköy - Kapıkule Section of the Halkalı - Kapıkule Railway Line Project (74% of the funds allocated to the transportation sector during the IPA II period were allocated to this project.)

Türkiye's TEN-T Comprehensive Highway Network has a total length of 16.799 km, 9.212 km of this is the Core Highway Network (Turkish Ministry of Transport and Infrastructure, General Directorate of Highways, 2026).

4.REGULATORY CHANGES in TRANSPORT AND ENERGY

The EU significantly changed its Trans-European Networks framework between 2021 and 2026 to align infrastructure with the European Green Deal and respond to geopolitical shifts. The most critical changes occurred through the adoption of the new TEN-E Regulation (2022) and the revised TEN-T Regulation (2024).

4.1. The Energy Sector

In the energy sector, the New TEN-E Regulation was adopted in May 2022, (Regulation (EU) 2022/869) and has shifted the cross-border energy framework entirely away from fossil fuels. The fossil fuel exclusion terminated all EU eligibility and funding for new natural gas and oil projects. Additionally, new asset classes have introduced dedicated support for hydrogen pipelines, electrolyzers, and smart gas grids. Lasty, the regulation also focused on offshore wind by creating integrated offshore grid planning provisions to scale up maritime renewable energy.

Another important aspect of the new regulation is the concept of “Projects of Mutual Interest” (PMIs) that has been introduced. This has allowed EU funding for climate-compatible infrastructure built with non-EU countries.

4.2.The Transport Sector

In the transport sector, the Revised TEN-T Guidelines entered into force in 2024 July, (Regulation (EU) 2024/1679) and has restructured continental logistics and enforcement.

As indicated above, the three-tier deadline system imposed strict structural steps for completion: 2030 for the core network, a new intermediary 2040 deadline for the extended core, and 2050 for the comprehensive network.

Additionally, strict rail standards have also been imposed, mandating a minimum speed of 160 km/h for passenger rail, a 100 km/h minimum for freight, and a migration of new land lines to the European standard nominal track gauge (1,435 mm).

Regarding airport-rail integration, the revised regulation required all major EU airports handling over 12 million passengers annually to connect directly to long-distance rail.

424 major cities were bound along the network to establish Sustainable Urban Mobility Plans (SUMPs) favoring zero-emission transit and lastly, an important geopolitical re-alignment severed infrastructure links with Russia and Belarus, shifting all active cross-border corridor expansions to Ukraine and Moldova. Thus with the 2024 transport regulation, border infrastructure was re-aligned as funding shifted specifically toward cross-border connections linking the EU with Ukraine and Moldova, while isolating Russian corridors.

5. RESULTS AND DISCUSSION

Among the new regulatory changes made by the EU to the Trans-European Network Policy, we can note the “Projects of Mutual Interest” (PMIs). PMIs are cross-border energy infrastructure projects linking EU Member States with non-EU (third) countries. Introduced under the revised TEN-E Regulation (EU) 2022/869, they extend priority permitting and Connecting Europe Facility (CEF) funding access beyond EU borders to advance the European Green Deal (EU Newsletter, 2025).

To qualify for PMI status, a project and its partner non-EU country must meet strict technical, legal, and environmental standards (European Commission)

- Policy Convergence: The non-EU country must demonstrate a high level of alignment with the EU’s internal energy market rules and regulatory framework
- Climate & Energy Goals: The project must explicitly contribute to decarbonization, security of supply, and sustainability targets for both the EU and the partner nation. [1]
- Socio-Economic Benefits: The infrastructure must prove significant net socio-economic advantages at the EU level. [1]
- Infrastructure Restraints: Only zero/low-carbon categories are eligible. This includes electricity transmission, offshore hybrid interconnectors, hydrogen transmission, and carbon dioxide (CO_2) transport/storage networks. Fossil fuel projects are entirely excluded (Clifford Chance, 2025).

5.1.Non-EU Countries Eligible to PMIs

The TEN-E framework categorizes third-country eligibility through two main mechanisms (European Commission, 2025):

1. Presumed Policy Convergence

The regulation automatically presumes the required regulatory alignment for countries belonging to these blocs:

- European Economic Area (EEA) countries (Iceland, Liechtenstein, and Norway).
- Energy Community Contracting Parties, which have legally committed to adopting EU energy laws (Energy Community, 2022).

2. Selected Partner Countries in Active PMIs

The European Commission's list of PMIs includes projects with the following eligible non-EU countries and regions (LNB News 2025):

- Norway (EEA)
- Switzerland

- United Kingdom
- Ukraine
- Georgia
- Western Balkan Countries (Albania, Bosnia and Herzegovina, Kosovo, Montenegro, North Macedonia, and Serbia)
- North African Countries (primarily Egypt and Tunisia, targeted for inter-Mediterranean electricity and clean hydrogen corridors)

6.CONCLUSION

Energy relations are of mutual interest between Türkiye and the EU. Indeed, the EU is especially willing to increase her energy cooperation with Türkiye due to geopolitical instability in the Middle East, Russian- Ukrainian conflict and the blockade of the Hormuz Strait led to diversify Europe's energy suppliers and secure long-term energy security (Jamestown, 2026).

Although Türkiye is legally eligible to participate in the TEN-E framework, it is not explicitly featured as a partner country on the primary European Commission List of PMIs. The eligibility paradox comes from the fact that theoretically, Türkiye is eligible due to the fact that as an official EU candidate country, Türkiye maintains ongoing legislative alignment with the EU acquis under Chapter 21 "Trans-European Networks" (Turkish Ministry of Foreign Affairs, 2026). Its electricity network is already physically synchronized with Europe via the ENTSO-E grid (Turkish Ministry of Energy and Natural Resources, 2025).

However, in practice, there is a problematic situation due to the strict exclusion of fossil fuel infrastructure under the revised 2022 TEN-E rules which severely limits Türkiye's typical footprint. Most of Türkiye's prominent cross-border projects; such as the Southern Gas Corridor or TANAP expansions; rely on natural gas transit. Because natural gas is ineligible, these key corridors are excluded from receiving the PMI label.

In order to ensure the continuation of Turkish- European projects of mutual and common interests, Turkish cross-border projects must move away from fossil fuels. Policy makers and businesses must focus heavily on electricity interconnectors, offshore wind links, green hydrogen pipelines, or CO_2 transport infrastructure connecting into the European network.

REFERENCES

Boira, J. V., & Berzi, M. (2023). Liberalization, trans-European corridors and EU funds: A new scenario in the relationship between rail networks and Mediterranean cities. *Land*, *12*(11), 1986.
Clifford Chance, (2025) Energy Infrastructure: EU Projects of Common / Mutual Interest, https://www.cliffordchance.com/content/dam/cliffordchance/briefings/2025/12/energy-infrastructure_eu-projects-of-common-mutual-interest.pdf

Energy Community, 2022, The Trans-European Energy Networks Policy, https://www.energy-community.org/archive/implementation/TEN-E.html
EU Newsletter, (2025). Questions and answers on the second list of EU energy Projects of Common and Mutual Interest, https://eunewsletter.eu/questions-and-answers-on-the-second-list-of-eu-energy-projects-of-common-and-mutual-interest/
European Commission (2025) PCI and PMI selection process, https://energy.ec.europa.eu/topics/infrastructure/projects-common-interest-and-projects-mutual-interest/pci-and-pmi-selection-process_en
European Commission, (2026) Glossary: Trans-European networks (TENs), https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Trans-European_networks_(TENs)
Jamestown (2026) Türkiye and Europe Seek to Expand Energy Cooperation, https://jamestown.org/turkiye-and-europe-seek-to-expand-energy-cooperation/
LNB News (2025) , Commission adopts second list of EU energy Projects of Common and Mutual Interest, https://www.lexisnexis.co.uk/legal/news/commission-adopts-second-list-of-eu-energy-projects-of-common-mutual-interest
Spiekermann, K., & Wegener, M. (1996). Trans-European networks and unequal accessibility in Europe. *European Journal of Regional Development (EUREG)*, *4*(96), 35-42.
Turkish Ministry of Energy and Natural Resources, (2025) EU Projects, https://enerji.gov.tr/info-bank-energy-diplomacy-eu-projects
Turkish Ministry of Foreign Affairs (2026) Chapter 21 - Trans-European Networks, https://www.ab.gov.tr/chapter-21-trans-european-networks_86_en.html
Turkish Ministry of Transport and Infrastructure, General Directorate of Highways, (2026) Türkiye Trans-Avrupa Ulaştırması Karayolu Ağı (TEN-T), https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Projeler/UluslararasiProjeler/Ten-T.aspx
Van Exel, J., Rienstra, S., Gommers, M., Pearman, A., & Tsamboulas, D. (2002). EU involvement in TEN development: network effects and European value added. *Transport policy*, *9*(4), 299-311.

INTERNET USE, AGRICULTURAL EXPORTS and IMPORTS in TÜRKİYE: an ARDL ANALYSIS

Tuğçe KAYA
Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 01330 Adana, Türkiye
tkaya@cu.edu.tr
ORCID ID: 0000-0002-5376-6144

ABSTRACT

This study examines the short- and long-run relationships between digitalization and agricultural trade in Türkiye using annual data for 2001–2024. Agricultural exports and imports are analysed separately, with Internet use employed as the main indicator of digitalization and fixed broadband subscriptions used as an alternative measure. Trade openness and inflation are included as control variables. The analysis applies the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) bounds-testing approach after examining the time-series properties of the variables using Augmented Dickey–Fuller and Phillips–Perron unit root tests. The bounds-test results indicate a long-run relationship for both Internet-based models. In the long run, Internet use is positively and significantly associated with agricultural exports and imports, with estimated coefficients of 0.639 and 0.699, respectively. In the export model, the short-run coefficient of Internet use is negative and statistically significant. The error-correction coefficients are negative and significant in both models, indicating adjustment toward the estimated long-run relationships. In contrast, the fixed broadband specifications do not provide evidence of a level relationship at the 5% significance level. Sensitivity tests using alternative information criteria and lag lengths preserve the main findings for Internet use. The results indicate that the relationship between digitalization and agricultural trade in Türkiye differs across time horizons, trade flows and measures of digital connectivity.

Keywords: Digitalization; Internet use; Agricultural trade; Agricultural exports; Agricultural imports; ARDL; Türkiye

TÜRKİYE'DE İNTERNET KULLANIMI, TARIMSAL İHRACAT ve İTHALAT: ARDL ANALİZİ

ÖZET

Bu çalışma, 2001–2024 dönemine ait yıllık verileri kullanarak Türkiye'de dijitalleşme ile tarımsal ticaret arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkileri incelemektedir. Tarımsal ihracat ve ithalat ayrı ayrı analiz edilmiş, dijitalleşmenin temel göstergesi olarak internet kullanımı, alternatif gösterge olarak ise sabit genişbant abonelikleri kullanılmıştır. Ticari açıklık ve enflasyon kontrol değişkenleri olarak modellere dahil edilmiştir. Analizde, değişkenlerin zaman serisi özellikleri Genişletilmiş Dickey–Fuller ve Phillips–Perron birim kök testleriyle

incelendikten sonra Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) sınır testi yaklaşımı uygulanmıştır. Sınır testi sonuçları, internet kullanımının yer aldığı hem ihracat hem de ithalat modellerinde uzun dönemli bir ilişkinin bulunduğunu göstermektedir. Uzun dönemde internet kullanımı, tarımsal ihracat ve ithalat ile pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye sahiptir. Tahmin edilen katsayılar sırasıyla 0,639 ve 0,699'dur. İhracat modelinde internet kullanımının kısa dönem katsayısı negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Hata düzeltme katsayıları her iki modelde de negatif ve anlamlı olup tahmin edilen uzun dönem ilişkilerine doğru bir uyum sürecine işaret etmektedir. Buna karşılık, sabit genişbant aboneliklerinin kullanıldığı modellerde %5 anlamlılık düzeyinde bir düzey ilişkisine ilişkin kanıt elde edilememiştir. Alternatif bilgi kriterleri ve gecikme uzunlukları kullanılarak gerçekleştirilen duyarlılık testlerinde internet kullanımına ilişkin temel bulgular korunmuştur. Bulgular, Türkiye'de dijitalleşme ile tarımsal ticaret arasındaki ilişkinin zaman ufkuna, ticaret akımına ve kullanılan dijital bağlantı göstergesine göre farklılaştığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme; İnternet kullanımı; Tarımsal ticaret; Tarımsal ihracat; Tarımsal ithalat; ARDL; Türkiye

1. INTRODUCTION

Digital technologies have changed the way information is generated, exchanged and used across agricultural production and markets. Internet connectivity, broadband infrastructure, mobile technologies and other digital applications allow agricultural actors to obtain information, communicate with buyers and suppliers and coordinate activities across different stages of the food supply chain. Their use is not confined to farm-level production. Digital technologies are increasingly present across the food commodity chain, including activities beyond agricultural inputs and primary production (Prause et al., 2021). In developing countries, they can also reduce information constraints affecting market access, provide new channels for agricultural knowledge and extension services and improve supply-chain management (Deichmann et al., 2016).

These developments are also relevant for agricultural trade. International transactions depend on access to information about prices, potential markets, buyers, logistics, product requirements and regulatory conditions. Digital technologies can reduce information-search costs, improve communication between geographically separated market participants and facilitate coordination throughout the trading process. In agricultural exports, digital tools can reduce information asymmetries, improve matching between exporters and markets, facilitate real-time logistics management and provide faster access to information on technical trade

requirements (Liu et al., 2024a). Digital transformation may also influence the characteristics of exported products. Firm-level evidence from China shows that enterprise digitalization is associated with improvements in the quality and safety of agricultural exports through technological innovation, product tracing, information sharing and quality assurance (Liu et al., 2024b).

Empirical evidence does not indicate a uniform relationship between digitalization and agricultural trade. Using data for 126 countries between 2010 and 2020, Suroso et al. (2023) found that Internet infrastructure and security were positively associated with agri-food export competitiveness, whereas the Internet-user indicator had a negative coefficient. A panel ARDL analysis covering 39 Sub-Saharan African countries reported positive long-run effects of ICT infrastructure on agricultural-sector performance but did not obtain comparable evidence for the short run (Oyelami et al., 2022). Country-specific evidence also shows differences between digital indicators and time horizons. For Benin, mobile subscriptions had a negative short-run but positive long-run relationship with cashew exports, while Internet use was insignificant in the short run and negatively associated with exports in the long run (Akpa and Chabossou, 2024). These findings suggest that the relationship may differ according to the type of digital technology, country setting and period considered.

Recent studies have examined digitalization more directly in relation to agricultural trade. The digital economy has been found to increase both the intensive and extensive margins of Chinese agricultural exports, with lower trade costs and changes in market competition identified as possible transmission mechanisms (Liu et al., 2024a). Evidence from 61 economies over 2007–2021 also indicates a positive relationship between digital infrastructure and agricultural export value added, with labour productivity, the business environment and technological innovation identified as transmission channels (Zhang et al., 2025). Much of this empirical literature focuses on agricultural exports, export competitiveness or export value added, while comparatively fewer studies examine the import side of agricultural trade.

Türkiye presents a useful setting for examining these relationships. Studies on digital agriculture in Türkiye indicate increasing use of digital technologies but also identify barriers to their effective adoption. Technology acceptance, insufficient ICT knowledge and technology costs continue to constrain ICT utilization, while farmers use digital technologies for purposes including weather information, agricultural news and crop and input prices (Özoğul, 2025). Research examining a broader range of digital applications also identifies inadequate rural

digital infrastructure, limited digital literacy and high initial investment costs as constraints on agricultural digitalization (Bağcı, 2025).

The orientation of the Turkish literature differs from the emerging international literature on digitalization and agricultural trade. A systematic and bibliometric assessment of 214 international publications and 69 Turkish studies found that research in Türkiye remains concentrated largely on technical applications and technology adoption, particularly irrigation, fertilization and artificial intelligence (Kadakoğlu et al., 2026). A Türkiye–EU comparison indicates that digital agricultural applications in Türkiye remain relatively limited but are becoming more widespread. The study also associates differences in digitalization with infrastructure, education, financing conditions and policy choices (İşleyen and Keskin, 2026). The Türkiye-focused studies examined here therefore provide substantial evidence on digital agriculture, technology adoption and structural constraints, but do not estimate the short- and long-run relationships between digital connectivity and agricultural exports and imports within a country-level time-series framework.

This study examines the short- and long-run relationships between digitalization and agricultural trade in Türkiye. Agricultural exports and agricultural imports are modelled separately. Internet use is employed as the main indicator of digitalization, while fixed broadband subscriptions are considered as an alternative indicator of digital connectivity. Trade openness and inflation are included as control variables. The analysis applies the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) bounds-testing approach to distinguish long-run relationships from short-run dynamics. By modelling exports and imports separately and comparing Internet use with fixed broadband, the study examines whether the relationship between digital connectivity and agricultural trade differs across trade flows and digital indicators.

2. LITERATURE REVİEW

2.1. Digitalization in Agriculture and Agricultural Markets

Digitalization in agriculture encompasses technologies used in production, information exchange, marketing and coordination across the agri-food chain. Information and communication technologies can generate economic benefits through greater inclusion, efficiency and innovation. In agricultural markets, these technologies can reduce information constraints, facilitate access to markets, provide new channels for extension services and improve supply-chain management (Deichmann et al., 2016).

Digital tools have also been examined as a means of addressing information asymmetries and persistent market failures in developing-country agriculture. Digital innovations can deliver information and services at relatively low cost and potentially reach large numbers of agricultural actors. Their availability, however, does not necessarily lead to widespread use. Many digital agricultural initiatives remain small-scale or at the pilot stage rather than progressing to broad adoption (Abate et al., 2023).

The scope of agricultural digitalization also extends beyond primary production. An analysis of digital services and products across the food commodity chain shows that digital technologies are used at different stages of agri-food systems and can alter relationships among the actors involved (Prause et al., 2021). Information exchange, marketing, logistics and coordination therefore connect agricultural production with broader domestic and international markets.

2.2. Digitalization and Agricultural Trade

Empirical studies examining ICT and international trade show that the effects of digital technologies can differ between exports and imports and across individual ICT indicators. Using a gravity model for 48 Sub-Saharan African countries over 2000–2018, Kere and Zongo (2023) found that ICT use, particularly Internet use, was positively associated with exports but negatively associated with imports of primary products and total goods. Fixed-line telephone subscriptions were negatively related to intra-African exports, whereas mobile payment services increased exports (Kere and Zongo, 2023).

Studies focusing specifically on agriculture provide similarly varied findings. Oyelami et al. (2022) examined agricultural-sector performance in 39 Sub-Saharan African countries using a panel ARDL framework. Agricultural value added and agricultural exports were considered alongside ICT indicators including Internet use and mobile subscriptions. Their estimates indicated positive long-run effects of ICT infrastructure on agricultural-sector performance, whereas comparable short-run evidence was not obtained (Oyelami et al., 2022).

Country-specific evidence further illustrates the difference between short- and long-run relationships. Akpa and Chabossou (2024) analysed cashew exports in Benin over 1990–2020 using an ARDL model. Mobile subscriptions had a negative relationship with cashew exports in the short run but a positive relationship in the long run. Internet use was statistically insignificant in the short run and negatively associated with cashew exports in the long run (Akpa and Chabossou, 2024).

The findings also depend on how digitalization is measured. Suroso et al. (2023) examined 126 countries from 2010 to 2020 and distinguished Internet users from Internet infrastructure and Internet security. Internet infrastructure and security were positively associated with agri-food export competitiveness, while the Internet-user indicator had a negative relationship (Suroso et al., 2023). This distinction is relevant when Internet use and broadband infrastructure are considered separately, since they represent related but different dimensions of digital connectivity.

Studies using broader measures of the digital economy generally report positive relationships with agricultural exports. Using Chinese customs data, Liu et al. (2024a) found that the digital economy increased both the intensive and extensive margins of agricultural exports. Their mechanism analysis linked these effects to lower trade costs and changes in market competition (Liu et al., 2024a). A cross-country study covering 61 economies from 2007 to 2021 similarly found that digital infrastructure was positively associated with agricultural export value added. Labour productivity, improvements in the business environment and technological innovation were identified as mechanisms connecting digital infrastructure with agricultural export value added (Zhang et al., 2025).

Digital transformation may also affect dimensions of agricultural exports other than value or volume. Firm-level evidence from China indicates that digital transformation is associated with improvements in the quality and safety of exported agricultural products. Technological innovation, product tracing, information sharing and quality assurance were identified as mechanisms underlying this relationship (Liu et al., 2024b).

The import side has received less attention in the studies reviewed here. Kere and Zongo (2023) explicitly distinguish between exports and imports and report opposite relationships for Internet use across the two trade flows. This makes it useful to examine agricultural exports and imports separately rather than assuming that digitalization has the same relationship with both.

2.3. Agricultural Digitalization in Türkiye and Research Gap

Research on agricultural digitalization in Türkiye has concentrated mainly on technology adoption, production applications and structural constraints. Özoğul (2025) examines ICT utilization in Turkish agriculture and identifies technology acceptance, insufficient ICT knowledge and technology costs among the main barriers. Farmers use ICT for several agricultural purposes, including weather information, agricultural news and information on crop and input prices (Özoğul, 2025).

A broader assessment of digital transformation in Turkish agriculture covers mobile agricultural applications, remote sensing, sensor networks, AI-based monitoring and decision-support systems and blockchain-based traceability. The study identifies inadequate rural digital infrastructure, limited digital literacy and high initial investment costs among the constraints affecting the adoption of these technologies (Bağcı, 2025).

A Türkiye–EU comparison similarly identifies irrigation management, smart greenhouses, drones, crop monitoring and ICT-based applications among the areas in which agricultural digitalization has developed in Türkiye. Differences in farm structure, infrastructure, education and financing conditions are also associated with the adoption of these technologies (İşleyen and Keskin, 2026).

A systematic assessment of the Turkish literature provides a clearer picture of its thematic orientation. Kadakoğlu et al. (2026) examined 214 international publications from 2019–2025 together with 69 Turkish studies identified from TR Dizin and national conference proceedings. Their findings show that the Turkish literature remains largely concentrated on technical applications and technology adoption, particularly irrigation, fertilization and artificial intelligence. In comparison, the international literature has developed more strongly around sustainability and governance issues (Kadakoğlu et al., 2026).

The international empirical literature reviewed above has increasingly examined agricultural exports, export competitiveness, export margins and agricultural export value added. The Türkiye-focused studies included in this review instead concentrate primarily on the adoption and application of digital agricultural technologies and the structural constraints affecting this process. Within the sources reviewed for this study, a country-level time-series analysis that separately estimates the short- and long-run relationships between Internet use and Türkiye's agricultural exports and imports was not identified. Evidence concerning agricultural imports is also more limited than that concerning exports.

The present study addresses this empirical gap by modelling Türkiye's agricultural exports and imports separately. Internet use is treated as the main digital indicator, while fixed broadband subscriptions provide an alternative measure of digital connectivity. Separate ARDL specifications are used to examine whether the long-run and short-run relationships differ between exports and imports and whether the evidence obtained for Internet use is also observed when fixed broadband is used as the digital indicator.

3. MATERIAL AND METHODS

3.1. Data and Variables

This study uses annual time-series data for Türkiye covering the period 2001–2024, providing 24 annual observations. Agricultural exports and agricultural imports are used as the dependent variables and are measured in thousand US dollars. The agricultural trade data were obtained from FAOSTAT. Digitalization is represented by two indicators: individuals using the Internet as a percentage of the population and fixed broadband subscriptions per 100 people. Internet use is employed as the main digitalization indicator, while fixed broadband subscriptions are used in alternative specifications to examine whether the results depend on the measure of digital connectivity.

Trade openness and inflation are included as control variables. Trade openness is measured as the sum of exports and imports of goods and services as a percentage of GDP, while inflation is measured by the annual percentage change in the consumer price index. Internet use, fixed broadband subscriptions, trade openness and inflation data were obtained from the World Development Indicators of the World Bank.

Agricultural exports, agricultural imports, Internet use and fixed broadband subscriptions are transformed into natural logarithms. Trade openness and inflation are retained in their original percentage forms. The logarithmic transformations are used consistently in the subsequent empirical analysis. The variables and their definitions are presented in Table 1.

Table 1. Variable Definitions and Data Sources

Variable	Definition	Transformation	Source
Agricultural exports	Agricultural exports (1,000 US$)	Natural logarithm	FAOSTAT
Agricultural imports	Agricultural imports (1,000 US$)	Natural logarithm	FAOSTAT
Internet use	Individuals using the Internet (% of population)	Natural logarithm	World Bank, WDI
Fixed broadband	Fixed broadband subscriptions (per 100 people)	Natural logarithm	World Bank, WDI
Trade openness	Trade (% of GDP)	Level	World Bank, WDI
Inflation	Inflation, consumer prices (annual %)	Level	World Bank, WDI

Note: FAOSTAT data were obtained from the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2026), while World Development Indicators (WDI) data were obtained from the World Bank (2026).

3.2. Model Specification

The empirical analysis examines the relationship between digitalization and agricultural trade by estimating agricultural export and import models separately. Internet use is the main

explanatory variable representing digitalization. Trade openness and inflation are included as control variables.

The baseline export and import relationships can be expressed as:

$$\ln EXPORT_t = \beta_0 + \beta_1 \ln INTERNET_t + \beta_2 TRADE_t + \beta_3 INFLATION_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\ln IMPORT_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln INTERNET_t + \alpha_2 TRADE_t + \alpha_3 INFLATION_t + \mu_t \quad (2)$$

where EXPORTt and IMPORTt denote agricultural exports and agricultural imports, respectively; INTERNETt represents the percentage of individuals using the Internet; TRADEt represents trade openness; and INFLATIONt denotes the annual inflation rate.

To examine whether the results are sensitive to the measure of digitalization, fixed broadband subscriptions are used as an alternative digital indicator. The corresponding specifications are:

$$\ln EXPORT_t = \gamma_0 + \gamma_1 \ln BROADBAND_t + \gamma_2 TRADE_t + \gamma_3 INFLATION_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\ln IMPORT_t = \delta_0 + \delta_1 \ln BROADBAND_t + \delta_2 TRADE_t + \delta_3 INFLATION_t + \mu_t \quad (4)$$

The four specifications allow Internet use and fixed broadband connectivity to be examined separately for agricultural exports and imports.

3.3. Econometric Method

The empirical analysis is conducted in several stages. First, the time-series properties of the variables are examined using the Augmented Dickey–Fuller (ADF) and Phillips–Perron (PP) unit root tests (Dickey and Fuller, 1979; Phillips and Perron, 1988). Both tests evaluate the null hypothesis that a series contains a unit root. Testing the order of integration is required before ARDL estimation because the bounds-testing procedure can be applied when the variables are I(0), I(1), or a combination of the two, while the presence of I(2) variables invalidates the standard bounds-testing framework (Pesaran et al., 2001).

Following the unit root analysis, the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) bounds-testing approach is used to examine the existence of long-run relationships between digitalization and agricultural trade (Pesaran et al., 2001). The ARDL framework permits regressors with different admissible orders of integration within the I(0)/I(1) setting and allows different lag orders across variables. Given the relatively short annual sample, the maximum lag length is restricted to two and the optimal lag structure is selected using the Bayesian Information Criterion (BIC).

For a dependent variable Yt and a vector of explanatory variables Xt, the unrestricted error-correction representation of the ARDL model can be written as:

$$\Delta Y_t = c + \Sigma_{i=1}^{p-1} \varphi_i \Delta Y_{t-i} + \Sigma_{j=1}^{k} \Sigma_{i=0}^{q_j-1} \theta_{ji} \Delta X_{j,t-i} + \lambda_1 Y_{t-1} + \Sigma_{j=1}^{k} \lambda_{j+1} X_{j,t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

where Δ denotes the first-difference operator, the differenced terms represent short-run dynamics and the lagged level terms are used to test for a long-run relationship.

The bounds test evaluates the null hypothesis of no level relationship among the variables (Pesaran et al., 2001). The F-statistic tests the joint significance of the lagged level terms, while the corresponding t-statistic evaluates the coefficient of the lagged dependent variable. The test statistics are assessed against the lower I(0) and upper I(1) critical bounds. Values beyond the relevant I(1) bounds provide evidence against the null hypothesis of no level relationship, values within the I(0) bounds indicate that the null cannot be rejected and values between the bounds yield an inconclusive result. Given the small sample size, finite-sample critical values and approximate p-values developed by Kripfganz and Schneider (2020) are used.

When a level relationship is established, the model is expressed in an error-correction form to distinguish long-run coefficients from short-run dynamics:

$$\Delta Y_t = \alpha + \Sigma_{i=1}^{p-1} \varphi_i \, \Delta Y_{t-i} + \Sigma_{j=1}^{k} \Sigma_{i=0}^{q_j-1} \theta_{ji} \, \Delta X_{j,t-i} + \psi \, ECT_{t-1} + \varepsilon_t \quad (6)$$

where ECT_{t-1} is the lagged error-correction term and ψ represents the speed at which deviations from the long-run equilibrium are corrected. A negative and statistically significant adjustment coefficient indicates convergence toward the long-run equilibrium following a short-run deviation.

Several post-estimation tests are used to assess model adequacy. Serial correlation is examined using the Breusch–Godfrey LM test, while heteroskedasticity is evaluated using the Breusch–Pagan/Cook–Weisberg test. Residual normality is examined using the skewness and kurtosis test. The Ramsey RESET test is used to assess functional-form misspecification. Parameter stability is evaluated using the cumulative sum (CUSUM) test.

4. RESULTS

4.1. Descriptive Statistics

Table 2 presents the descriptive statistics for the variables used in the empirical analysis. All variables contain 24 annual observations. Logged fixed broadband subscriptions show the greatest relative dispersion among the logged variables, with a standard deviation of 1.977. Inflation also varies considerably over the sample period, ranging from 6.251% to 72.309%, while trade openness ranges from 46.309% to 79.898%.

Table 2. Descriptive Statistics

Variable	Obs.	Mean	Std. Dev.	Min.	Max.
ln Agricultural exports	24	16.326	0.626	15.059	17.239
ln Agricultural imports	24	16.139	0.661	14.700	17.091
ln Internet use	24	3.638	0.772	1.647	4.469
ln Fixed broadband	24	1.662	1.977	−4.106	3.154
Trade openness (%)	24	54.511	8.439	46.309	79.898
Inflation (%)	24	20.322	19.947	6.251	72.309

Note: Agricultural exports, agricultural imports, Internet use and fixed broadband subscriptions are expressed in natural logarithms. Trade openness and inflation are expressed in percentage terms.

4.2. Unit Root Tests

Table 3 reports the results of the ADF and Phillips–Perron unit root tests. Agricultural exports, agricultural imports, trade openness and inflation are non-stationary in levels at the 5% significance level and become stationary after first differencing. Fixed broadband is stationary in levels according to both tests. The results for Internet use differ across the two procedures. The ADF test rejects the unit-root null only at the 10% level in levels and does not reject it after first differencing, whereas the PP test strongly rejects the unit-root null in levels. None of the variables retained in the final ARDL specifications is found to be I(2), so the unit root results do not preclude the application of the ARDL bounds-testing procedure.

Table 3. ADF and Phillips–Perron Unit Root Test Results

Variable	ADF Level	ADF First Diff.	PP Level	PP First Diff.	Integration assessment
ln Agricultural exports	−2.007 (0.284)	−4.279*** (0.001)	−1.055 (0.733)	−5.603*** (0.000)	I(1)
ln Agricultural imports	−1.964 (0.303)	−5.122*** (0.000)	−2.570* (0.100)	−4.942*** (0.000)	I(1)
ln Internet use	−2.677* (0.078)	−2.401 (0.142)	−4.752*** (0.000)	−6.959*** (0.000)	ADF/PP results differ
ln Fixed broadband	−15.667*** (0.000)	—	−8.343*** (0.000)	—	I(0)
Trade openness	−2.076 (0.254)	−5.757*** (0.000)	−1.683 (0.440)	−3.371** (0.012)	I(1)
Inflation	−1.438 (0.564)	−3.478*** (0.009)	−1.806 (0.377)	−4.736*** (0.000)	I(1)

Note: Values in parentheses are MacKinnon approximate p-values. ***, ** and * indicate rejection of the unit-root null hypothesis at the 1%, 5% and 10% levels, respectively. ADF tests were estimated with one lag. The PP tests use two Newey–West lags.

4.3. ARDL Bounds Test Results

Table 4 presents the ARDL bounds-test results. For the agricultural export model using Internet use, the F-statistic of 8.067 exceeds the 5% upper-bound critical value of 5.530. The null hypothesis of no level relationship is therefore rejected at the 5% level. The agricultural import model produces a similar result, with an F-statistic of 7.877 exceeding the corresponding upper-bound critical value of 5.446. The bounds tests therefore provide evidence of a level relationship for both Internet-based specifications.

The results differ when fixed broadband subscriptions are used as the digital indicator. For agricultural exports, the F-statistic of 2.662 is below the 5% lower-bound critical value of 3.993, so the null hypothesis of no level relationship cannot be rejected. For agricultural imports, the F-statistic of 3.952 is also below the 5% lower-bound critical value of 4.036. The broadband specifications therefore do not provide evidence of a level relationship at the 5% significance level.

Table 4. ARDL Bounds Test Results

Model	Selected ARDL	F-statistic	t-statistic	5% I(0)	5% I(1)	Decision
Agricultural exports – Internet	ARDL(1,1,0,0)	8.067	−4.864	4.014	5.530	Level relationship
Agricultural imports – Internet	ARDL(1,0,0,0)	7.877	−4.747	3.993	5.446	Level relationship
Agricultural exports – Broadband	ARDL(1,0,0,0)	2.662	−2.125	3.993	5.446	No level relationship
Agricultural imports – Broadband	ARDL(1,0,1,1)	3.952	−3.143	4.036	5.614	No level relationship at 5%

Note: The null hypothesis is no level relationship. The reported critical bounds are finite-sample critical values based on Kripfganz and Schneider (2020). Lag orders were selected using BIC with a maximum lag length of two.

4.4. Long-Run and Short-Run Results

Table 5 reports the long-run, short-run and error-correction estimates for the two Internet-based specifications. In the agricultural export model, the long-run coefficient of Internet use is positive and statistically significant (0.639, $p<0.001$). Since agricultural exports and Internet use are expressed in natural logarithms, a 1% increase in Internet use is associated with an approximately 0.64% increase in agricultural exports in the long run, holding the other variables constant. In the short run, the coefficient of the change in Internet use is negative and statistically significant (−0.831, $p=0.011$), indicating a different relationship over the short-run horizon.

The error-correction coefficient in the export model is −0.679 and statistically significant at the 1% level, indicating that approximately 67.9% of the deviation from the estimated long-run equilibrium is corrected within one year. Trade openness is not statistically significant, while inflation is positive and significant at the 10% level.

For agricultural imports, the long-run coefficient of Internet use is also positive and statistically significant (0.699, $p<0.001$). A 1% increase in Internet use is associated with an approximately 0.70% increase in agricultural imports in the long run, holding the other variables constant. The selected ARDL(1,0,0,0) specification does not include a short-run differenced Internet term.

The error-correction coefficient is −0.775 ($p<0.001$), indicating that approximately 77.5% of the deviation from the estimated long-run equilibrium is corrected within one year. Trade openness and inflation are not statistically significant in the long-run import equation.

Table 5. Long-Run and Short-Run ARDL Estimates

Component	Variable	Agricultural Exports	Agricultural Imports
Adjustment	ECT(-1)	−0.679*** (0.140)	−0.775*** (0.163)
Long run	ln Internet use	0.639*** (0.085)	0.699*** (0.089)
	Trade openness	0.002 (0.006)	0.009 (0.007)
	Inflation	0.005* (0.002)	0.004 (0.002)
Short run	Δ ln Internet use	−0.831** (0.287)	—
	Constant	9.482*** (1.902)	10.140*** (2.128)

Note: Standard errors are reported in parentheses. ***, ** and * denote statistical significance at the 1%, 5% and 10% levels, respectively. The export model is ARDL(1,1,0,0), while the import model is ARDL(1,0,0,0). A short-run differenced Internet term is not included in the selected import specification.

4.5. Diagnostic and Stability Tests

The diagnostic results reported in Table 6 do not indicate specification problems in the two main ARDL models. The Breusch–Godfrey LM test does not reject the null hypothesis of no serial correlation for either the export ($p=0.608$) or import ($p=0.631$) model. Similarly, the Breusch–Pagan/Cook–Weisberg test provides no evidence of heteroskedasticity ($p=0.467$ and $p=0.295$, respectively). The skewness and kurtosis tests do not reject residual normality, while the Ramsey RESET test provides no evidence of functional-form misspecification. The CUSUM results indicate no structural break over the estimation period.

Table 6. Diagnostic and Stability Test Results

Test	Agricultural Exports	Agricultural Imports	H_0 / Assessment
Breusch–Godfrey LM	0.263 [0.608]	0.231 [0.631]	No serial correlation
Breusch–Pagan/Cook–Weisberg	0.530 [0.467]	1.100 [0.295]	Constant variance
Skewness/Kurtosis	1.260 [0.533]	2.350 [0.308]	Residual normality not rejected
Ramsey RESET	1.390 [0.290]	0.010 [0.999]	No evidence of functional-form misspecification
CUSUM	Stable	Stable	No evidence of parameter instability

Note: Values in square brackets are p-values. Diagnostic and stability tests refer to the Internet-based ARDL models.

4.6. Robustness Checks

Several sensitivity checks were conducted to examine whether the main results depend on lag selection or the measure of digital connectivity. First, the lag-selection criterion was changed from BIC to AIC while retaining a maximum lag length of two. AIC selected the same specifications as BIC: ARDL(1,1,0,0) for agricultural exports and ARDL(1,0,0,0) for agricultural imports.

The maximum permitted lag length was then increased from two to three under BIC. The export specification changed to ARDL(2,1,0,0), but the main Internet result was retained. The long-run Internet coefficient remained positive and statistically significant (0.514, $p<0.001$), while the short-run coefficient remained negative and significant (−1.383, $p=0.002$). The bounds-test F-statistic was 9.143, confirming a level relationship. For imports, ARDL(1,0,0,0) continued to be selected. The long-run Internet coefficient was 0.698 ($p<0.001$), compared with 0.699 in the baseline specification, and the bounds-test F-statistic of 6.553 continued to reject the null hypothesis of no level relationship at the 5% level.

Fixed broadband subscriptions were also used as an alternative measure of digital connectivity. The bounds tests did not establish a level relationship at the 5% level for either agricultural exports (F=2.662) or agricultural imports (F=3.952). The positive long-run relationships identified in the Internet-based specifications are therefore not replicated when fixed broadband subscriptions are used as the alternative digital indicator.

Table 7. Robustness and Sensitivity Checks

Check	Export model	Import model	Main finding
Baseline BIC, max lag 2	ARDL(1,1,0,0)	ARDL(1,0,0,0)	Positive LR Internet coefficients
AIC, max lag 2	ARDL(1,1,0,0)	ARDL(1,0,0,0)	Same models selected
BIC, max lag 3	ARDL(2,1,0,0)	ARDL(1,0,0,0)	Positive LR Internet coefficients retained
LR Internet, max lag 3	0.514***	0.698***	Positive and significant
Bounds F, max lag 3	9.143	6.553	Level relationship retained at 5%
Alternative indicator: Fixed broadband	ARDL(1,0,0,0); F=2.662	ARDL(1,0,1,1); F=3.952	No level relationship at 5%

Note: *** denotes statistical significance at the 1% level. Baseline specifications use BIC with a maximum lag length of two. AIC and the maximum-lag-three specifications are used as lag-selection sensitivity checks, while fixed broadband subscriptions provide an alternative measure of digital connectivity.

5. DISCUSSION

The results reveal different short- and long-run relationships between Internet use and agricultural trade in Türkiye. A level relationship is identified for both agricultural exports and imports when Internet use is used as the digitalization indicator. The long-run Internet coefficient is positive for agricultural exports (0.639) and agricultural imports (0.699), whereas the short-run coefficient in the export model is negative. The selected import specification does not include a short-run differenced Internet term.

The positive long-run association between Internet use and agricultural exports is consistent with part of the international evidence reviewed in this study. Oyelami et al. (2022) reported positive long-run effects of ICT infrastructure on agricultural-sector performance in Sub-

Saharan African countries, while comparable short-run evidence was not obtained. Liu et al. (2024a) found that the digital economy was positively related to both the intensive and extensive margins of Chinese agricultural exports, and Zhang et al. (2025) reported a positive relationship between digital infrastructure and agricultural export value added. The present analysis provides country-level time-series evidence for Türkiye, although differences in countries, digital indicators, dependent variables and empirical methods prevent direct comparison of coefficient magnitudes.

The negative short-run Internet coefficient in the agricultural export model differs from the positive long-run estimate. Differences between short- and long-run ICT relationships have also been reported by Akpa and Chabossou (2024), although their analysis concerned cashew exports in Benin and produced different results across individual ICT indicators. The present analysis identifies the difference between the two-time horizons but does not establish the mechanism underlying it.

Agricultural imports also display a positive long-run association with Internet use. This finding differs from Kere and Zongo (2023), who found a positive relationship between Internet use and exports but a negative relationship with imports of primary products and total goods in Sub-Saharan Africa. Differences in country setting, trade composition, period and empirical specification may be relevant to the contrasting results, but these explanations are not tested here.

The estimated long-run Internet coefficients are similar across the two trade flows. A 1% increase in Internet use is associated with approximately 0.64% higher agricultural exports and 0.70% higher agricultural imports in the estimated long-run relationships. The results therefore indicate positive long-run associations between Internet use and both directions of Türkiye's agricultural trade rather than an association confined to exports.

A different pattern emerges when fixed broadband subscriptions are used as the digital indicator. The bounds tests do not establish a level relationship for either agricultural exports or imports at the 5% significance level. Suroso et al. (2023) similarly reported different empirical results across Internet users, Internet infrastructure and Internet security in their analysis of agri-food export competitiveness. The findings of the present study show that the results obtained for Internet use are not replicated when fixed broadband subscriptions are used.

The Internet-based results remain similar under the lag-selection sensitivity checks. AIC and BIC select the same baseline specifications. Increasing the maximum lag length from two to three changes the export specification, but its long-run Internet coefficient remains positive and

statistically significant. The import specification remains unchanged, and its long-run Internet estimate is nearly identical to the baseline result. Evidence of a level relationship is retained for both trade flows.

The error-correction coefficients are negative and statistically significant in both main models, indicating adjustment toward the estimated long-run relationships following short-run deviations. The diagnostic tests provide no evidence of serial correlation, heteroskedasticity or functional-form misspecification. Residual normality is not rejected, and the CUSUM tests provide no evidence of parameter instability.

The findings should be interpreted considering the size and structure of the dataset. The analysis uses 24 annual observations for Türkiye, with smaller effective samples after the inclusion of lagged observations. The models therefore contain a limited number of regressors and lag orders. The estimates identify statistical relationships rather than causal effects. Digitalization is represented by Internet use and fixed broadband subscriptions, while other dimensions examined in the Turkish literature, including mobile applications, sensors, remote sensing and AI-based systems (Bağcı, 2025; İşleyen and Keskin, 2026), are not included in the time-series models.

6. CONCLUSION

This study examines the short- and long-run relationships between digitalization and agricultural trade in Türkiye using annual data for 2001–2024. Agricultural exports and imports are modelled separately using an ARDL bounds-testing framework. Internet use is the main digitalization indicator, while fixed broadband subscriptions provide an alternative measure of digital connectivity.

The bounds tests identify a level relationship in both Internet-based models. Internet use has a positive and statistically significant long-run association with agricultural exports and imports, with estimated elasticities of 0.639 and 0.699, respectively. For agricultural exports, the short-run Internet coefficient is negative and statistically significant. The error-correction coefficients are negative and significant in both models, indicating adjustment toward the estimated long-run relationships following short-run deviations.

The results are different when fixed broadband subscriptions replace Internet use. The bounds tests do not establish a level relationship at the 5% significance level for either agricultural exports or imports. The long-run relationships identified for Internet use are therefore not replicated by the alternative digital indicator. The main Internet findings remain similar when the lag-selection criterion and maximum permitted lag length are changed.

The estimates indicate that Internet use is positively associated with both agricultural exports and imports in Türkiye over the long run, while the export model exhibits a different relationship in the short run. These estimates should not be interpreted as causal effects. The short annual sample and limited range of digital indicators restrict the scope of the analysis. Future research using longer time series or additional digitalization measures could examine whether similar relationships are observed for other dimensions of digital connectivity and agricultural trade.

REFERENCES

Abate, G. T., Abay, K. A., Chamberlin, J., Kassim, Y., Spielman, D. J., & Tabe-Ojong, M. P. J. (2023). Digital tools and agricultural market transformation in Africa: Why are they not at scale yet, and what will it take to get there? *Food Policy, 116*, 102439.

Akpa, A. F., & Chabossou, A. F. (2024). Effect of information and communication technology on cashew nut export in Benin. *Research in Globalization, 8*, 100197.

Bağcı, İ. (2025). Tarımda dijital dönüşüm ve sürdürülebilirlik: Türkiye örneği üzerinden çok boyutlu bir değerlendirme. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 14*(5), 2313–2333.

Deichmann, U., Goyal, A., & Mishra, D. (2016). Will digital technologies transform agriculture in developing countries? *Agricultural Economics, 47*(S1), 21–33.

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association, 74*(366a), 427–431.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2026). *FAOSTAT*.

İşleyen, T., & Keskin, A. (2026). Dijitalleşmenin tarımsal yapı üzerindeki etkileri: Türkiye odaklı ve AB karşılaştırmalı bir değerlendirme. *Eurasian Journal of Agricultural Economics, 6*(1), 20–33.

Kadakoğlu, C., Ceyhan, V., Yıldırım, Ç., & Gündüz, O. (2026). Tarımda dijital dönüşüm: Küresel vizyon ve Türkiye dinamikleri. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi, 12*(1), 164–187.

Kere, S., & Zongo, A. (2023). Digital technologies and intra-African trade. *International Economics, 173*, 359–383.

Kripfganz, S., & Schneider, D. C. (2020). Response surface regressions for critical value bounds and approximate p-values in equilibrium correction models. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 82*(6), 1456–1481.

Liu, Y., Dong, Y., & Qian, W. (2024a). Digital economy and China's agricultural exports: Based on trade cost and market competition effect. *China Agricultural Economic Review, 16*(3), 489–506.

Liu, Y., Dong, Y., & Qian, W. (2024b). The impact of digital transformation on the quality and safety level of agricultural exports: Evidence from Chinese listed companies. *Humanities and Social Sciences Communications, 11*, 817.

Oyelami, L. O., Sofoluwe, N. A., & Ajeigbe, O. M. (2022). ICT and agricultural sector performance: Empirical evidence from sub-Saharan Africa. *Future Business Journal, 8*, 18.

Özoğul, G. (2025). Evaluation of information and communication technology utilisation in Turkish agriculture. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences, 9*(Special), 270–282.

Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics, 16*(3), 289–326.

Phillips, P. C. B., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika, 75*(2), 335–346.

Prause, L., Hackfort, S., & Lindgren, M. (2021). Digitalization and the third food regime. *Agriculture and Human Values, 38*(3), 641–655.

Suroso, A. I., Fahmi, I., Tandra, H., & Haryono, A. (2023). Assessing the effect of Internet indicators on agri-food export competitiveness. *Economies, 11*(10), 246.

World Bank. (2026). *World Development Indicators (WDI)*.

Zhang, Y., Ma, L., & Wei, F. (2025). Digital infrastructure and agricultural global value chain participation: Impacts on export value-added. *Agriculture, 15*(15), 1588.

DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE SÜRTÜNMESİZ MÜŞTERİ DENEYİMİ

Prof. Dr. Filiz ASLAN ÇETİN
Kafkas Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Kars
ORCID ID: 0000-0002-8210-799X

ÖZET

Dijital dönüşüm, işletmelerin süreçlerini, hizmet modellerini ve müşteri etkileşimlerini teknoloji odaklı olarak yeniden yapılandırmasını ifade etmektedir. Günümüzde artan dijitalleşme ile müşteriler, hızlı, kolay ve kesintisiz hizmet alma beklentisi içerisine girmiştir. Bu doğrultuda öne çıkan sürtünmesiz müşteri deneyimi kavramı, müşterilerin hizmet süreçlerinde minimum düzeyde engelle karşılaşmasını ve karşılaşılan sorunların ek destek ihtiyacı olmaksızın çözülebilmesini ifade etmektedir. Özellikle bankacılık sektöründe mobil uygulamalar, internet bankacılığı, self-servis işlem kanalları ve yapay zekâ destekli dijital asistanlar, sürtünmesiz deneyimin oluşturulmasında önemli araçlar olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmanın amacı, dijital dönüşüm kapsamında sürtünmesiz müşteri deneyimi kavramını teorik açıdan ele almak ve bu yaklaşımın müşteri memnuniyeti ile işletme performansına olan etkilerini literatür ışığında değerlendirmektir. Araştırma, kavramsal bir inceleme niteliğinde olup ulusal ve uluslararası akademik çalışmaların taranmasına dayanmaktadır. Literatür incelemeleri, müşterilerin işlemlerini bağımsız olarak gerçekleştirebildiği ve problemlerini kısa sürede çözebildiği dijital hizmetlerin memnuniyet, güven ve sadakat düzeylerini artırdığını ortaya koymaktadır. Bunun yanında sürtünmesiz müşteri deneyiminin operasyonel maliyetlerin azaltılması, hizmet süreçlerinin hızlandırılması ve kurumların rekabet gücünün artırılması açısından önemli katkılar sağladığı görülmektedir. Sonuç olarak sürtünmesiz müşteri deneyimi, dijital dönüşüm stratejilerinin temel unsurlarından biri haline gelmiştir. Kurumların müşteri odaklı dijital çözümlere yatırım yapmaları, sürdürülebilir rekabet avantajı elde etmelerinde kritik bir rol oynamaktadır. Gelecekte yapay zekâ, büyük veri analitiği ve kişiselleştirilmiş hizmet uygulamalarındaki gelişmelerin sürtünmesiz müşteri deneyimini daha da geliştireceği ve yaygınlaştıracağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital Dönüşüm, Sürtünmesiz Müşteri Deneyimi, Müşteri Memnuniyeti, Bankacılık, Self-Servis Hizmetler

DIGITAL TRANSFORMATION AND FRICTIONLESS CUSTOMER EXPERIENCE

ABSTRACT

Digital transformation refers to the restructuring of business processes, service models, and customer interactions through the effective use of digital technologies. As digitalization continues to accelerate, customers increasingly expect services that are fast, convenient, and

uninterrupted. In this context, the concept of frictionless customer experience has emerged as a critical component of customer-centered digital strategies. Frictionless customer experience refers to the ability of customers to complete their service journeys with minimal barriers and to resolve potential problems independently without requiring additional support. In the banking sector, mobile applications, internet banking platforms, self-service channels, and artificial intelligence-powered digital assistants are among the primary tools used to deliver seamless customer experiences. The aim of this study is to examine the concept of frictionless customer experience within the scope of digital transformation and to evaluate its effects on customer satisfaction and organizational performance from a theoretical perspective. The study adopts a conceptual approach based on a review of national and international literature. Findings from the literature indicate that digital services enabling customers to perform transactions independently and solve problems rapidly contribute positively to customer satisfaction, trust, and loyalty. In addition, frictionless customer experience provides significant benefits by reducing operational costs, accelerating service processes, and enhancing organizational competitiveness. In conclusion, frictionless customer experience has become one of the fundamental elements of digital transformation strategies. Investing in customer-oriented digital solutions plays a critical role in achieving sustainable competitive advantage. Furthermore, advancements in artificial intelligence, big data analytics, and personalized service applications are expected to further enhance and expand frictionless customer experiences in the future.

Keywords: Digital Transformation, Frictionless Customer Experience, Customer Satisfaction, Banking, Self-Service Technologies

1. GİRİŞ

Dijital teknolojilerde yaşanan hızlı gelişmeler, ekonomik ve toplumsal yaşamın birçok alanında olduğu gibi işletmelerin faaliyetlerini sürdürme biçimlerinde de önemli değişimlere neden olmuştur. Özellikle internet teknolojileri, mobil iletişim sistemleri, bulut bilişim, büyük veri analitiği ve yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşması, işletmelerin müşterileriyle kurdukları ilişkileri yeniden şekillendirmiştir. Bu gelişmeler sonucunda işletmeler yalnızca teknolojik altyapılarını yenilemekle kalmamakta; aynı zamanda iş süreçlerini, organizasyon yapılarını ve değer yaratma yaklaşımlarını yeniden tasarlamaktadır. Söz konusu dönüşüm literatürde “dijital dönüşüm” olarak ifade edilmekte ve işletmelerin dijital teknolojilerden yararlanarak iş modellerini ve faaliyet süreçlerini yeniden yapılandırmalarını içeren stratejik bir değişim süreci olarak değerlendirilmektedir (Vial, 2019).

Dijital dönüşümün etkileri en belirgin şekilde müşteriyle etkileşim süreçlerinde görülmektedir. Teknolojik gelişmelerle birlikte müşteriler daha bilinçli, daha talepkâr ve daha fazla seçeneğe sahip aktörler hâline gelmiştir. Günümüz tüketicileri yalnızca kaliteli ürün ve hizmetlere ulaşmayı değil, aynı zamanda bu ürün ve hizmetlere hızlı, kolay, kişiselleştirilmiş ve kesintisiz biçimde erişebilmeyi beklemektedir. Bu nedenle müşteri deneyimi, işletmelerin rekabet üstünlüğü elde etmelerinde stratejik bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Müşteri deneyimi; müşterinin bir işletme, ürün veya hizmet ile etkileşim kurduğu tüm temas noktalarında yaşadığı bilişsel, duygusal ve davranışsal tepkilerin bütünü olarak tanımlanmaktadır (Lemon & Verhoef, 2016).

Müşteri deneyiminin önem kazanmasıyla birlikte işletmeler, müşteri yolculuğu boyunca karşılaşılan engelleri ortadan kaldırmaya yönelik yeni yaklaşımlar geliştirmeye başlamıştır. Özellikle dijital hizmet süreçlerinde ortaya çıkan uzun bekleme süreleri, karmaşık işlem adımları, tekrar eden bilgi girişleri ve kanallar arasındaki uyumsuzluklar müşteri memnuniyetini olumsuz etkileyen temel sorunlar arasında yer almaktadır. Bu noktada sürtünmesiz müşteri deneyimi yaklaşımı ön plana çıkmaktadır. Sürtünmesiz müşteri deneyimi, müşterilerin ihtiyaç duydukları hizmetlere minimum çaba ile erişebilmelerini, işlemlerini hızlı bir şekilde tamamlayabilmelerini ve karşılaştıkları sorunları mümkün olduğunca bağımsız şekilde çözebilmelerini ifade etmektedir. Böylece müşteri yolculuğundaki gereksiz temas noktalarının azaltılması ve hizmet süreçlerinin sadeleştirilmesi amaçlanmaktadır.

Dijital dönüşüm ile sürtünmesiz müşteri deneyimi arasındaki ilişki özellikle hizmet sektöründe daha görünür hâle gelmiştir. Bankacılık, telekomünikasyon, elektronik ticaret ve perakende sektörlerinde dijital teknolojilerin yoğun biçimde kullanılması, müşteri deneyiminin yeniden tasarlanmasını gerekli kılmıştır. Bu sektörler arasında bankacılık sektörü, dijital dönüşüm uygulamalarının kapsamı ve müşteri işlemlerinin büyük ölçüde dijital ortamlara taşınmış olması nedeniyle ayrı bir öneme sahiptir. Mobil bankacılık uygulamaları, internet bankacılığı, dijital müşteri edinimi, self-servis işlem kanalları ve yapay zekâ destekli müşteri hizmetleri uygulamaları sayesinde müşteriler birçok işlemi fiziksel temas gerektirmeden gerçekleştirebilmektedir. Bu durum hem müşteri memnuniyetinin artırılmasına hem de bankaların operasyonel verimlilik ve rekabet avantajı elde etmelerine katkı sağlamaktadır (Verhoef vd., 2021).

Bu çalışmanın amacı, dijital dönüşüm kapsamında sürtünmesiz müşteri deneyimi kavramını teorik bir perspektiften incelemektir. Bu doğrultuda çalışmada öncelikle dijital dönüşüm ve müşteri deneyimi kavramları ele alınmakta, ardından sürtünmesiz müşteri deneyiminin temel

özellikleri açıklanmaktadır. Daha sonra dijital teknolojilerin sürtünmesiz müşteri deneyiminin oluşturulmasındaki rolü değerlendirilmekte ve bankacılık sektörü özelinde güncel uygulamalar tartışılmaktadır. Böylece dijital dönüşüm ile sürtünmesiz müşteri deneyimi arasındaki ilişkinin kavramsal bir çerçevede ortaya konulması hedeflenmektedir.

2. DİJİTAL DÖNÜŞÜM

2.1. Dijital Dönüşümün Tanımı ve Kapsamı

Küreselleşme, teknolojik gelişmeler ve değişen müşteri beklentileri, işletmeleri geleneksel iş yapış biçimlerini yeniden gözden geçirmeye yöneltmiştir. Özellikle bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan ilerlemeler, işletmelerin faaliyet süreçlerinde köklü değişimlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu değişim süreci literatürde dijital dönüşüm kavramı ile ifade edilmektedir. Dijital dönüşüm, dijital teknolojilerin işletme faaliyetlerine entegre edilmesi yoluyla iş süreçlerinin, organizasyon yapılarının, iş modellerinin ve müşteri ilişkilerinin yeniden şekillendirilmesini ifade etmektedir (Hess vd., 2016).

Dijital dönüşüm kavramı çoğu zaman sayısallaştırma (digitization) ve dijitalleşme (digitalization) kavramlarıyla birlikte ele alınmaktadır. Sayısallaştırma, analog verilerin dijital ortama aktarılması sürecini ifade ederken; dijitalleşme, dijital teknolojilerin mevcut iş süreçlerinde ve faaliyetlerde kullanılmasını kapsamaktadır. Dijital dönüşüm ise bu iki kavramdan daha geniş bir bakış açısına sahip olup işletmelerin dijital teknolojiler doğrultusunda stratejik olarak yeniden yapılandırılmasını içermektedir. Bu yönüyle dijital dönüşüm, yalnızca teknolojik bir yenilenme değil, işletmenin bütününü etkileyen kapsamlı bir değişim süreci olarak değerlendirilmektedir (Reis vd., 2018).

Dijital dönüşümün temelinde veri, bilgi, teknoloji ve bu teknolojileri etkin biçimde kullanabilmeyi sağlayan dijital yetkinlikler yer almaktadır. Büyük veri analitiği, yapay zekâ, nesnelerin interneti, bulut bilişim ve mobil teknolojiler gibi yenilikler işletmelerin faaliyetlerini daha verimli biçimde yürütmelerine olanak sağlamaktadır. Bu teknolojiler sayesinde işletmeler müşteri davranışlarını daha doğru analiz edebilmekte, değişen pazar koşullarına daha hızlı uyum sağlayabilmekte ve rekabet güçlerini artırabilmektedir (Bharadwaj vd., 2013).

Bununla birlikte dijital dönüşüm yalnızca teknolojik araçların kullanılmasından ibaret değildir. İşletmelerin kültürel yapılarında, yönetim anlayışlarında ve organizasyonel süreçlerinde de değişimi gerekli kılan bütüncül bir dönüşüm hareketidir. Dijital dönüşüm sürecinde teknolojik yatırımlar kadar örgütsel öğrenme, yenilikçi kurumsal kültür ve değişime uyum sağlayabilen insan kaynağı da önem taşımaktadır. Bu nedenle dijital dönüşüm; teknolojik, örgütsel ve

stratejik boyutları bulunan kapsamlı bir değişim süreci olarak değerlendirilmektedir (Matt vd., 2015).

2.2. Dijital Dönüşümün İşletmeler Üzerindeki Etkileri

Dijital dönüşüm, işletmelerin faaliyetlerini yürütme biçimlerinde önemli değişimlere neden olmaktadır. Bu değişimlerin başında iş modellerinin yeniden şekillenmesi gelmektedir. Geleneksel iş modelleri büyük ölçüde ürün ve hizmet odaklı bir yapı üzerine kuruluyken, dijital dönüşümle birlikte veri temelli ve müşteri odaklı iş modelleri önem kazanmıştır. Dijital platformlar sayesinde işletmeler müşterileriyle daha hızlı ve etkin iletişim kurabilmekte, müşteri beklentilerini daha doğru analiz edebilmekte ve bu beklentilere uygun çözümler geliştirebilmektedir (Berman, 2012).

Dijital dönüşümün önemli etkilerinden biri de karar alma süreçlerinde görülmektedir. Büyük veri analitiği ve gelişmiş bilgi sistemleri sayesinde işletmeler; müşterilerden, pazardan ve operasyonel süreçlerden elde edilen verileri analiz ederek daha doğru ve tutarlı kararlar alabilmektedir. Bu durum işletmelerin belirsizlikleri azaltmasına, fırsatları daha hızlı değerlendirmesine ve stratejik kararlarını daha sağlam temeller üzerinde oluşturmasına katkı sağlamaktadır (Westerman vd., 2014).

Dijital dönüşümün etkileri yalnızca operasyonel süreçlerle sınırlı kalmamakta, müşteri ilişkileri yönetiminde de önemli değişikliklere yol açmaktadır. Günümüzde müşteriler yalnızca ürün veya hizmet satın alan bireyler olarak değil, işletmeler için değer yaratan önemli paydaşlar olarak görülmektedir. Sosyal medya platformları, çevrim içi topluluklar ve dijital iletişim kanalları sayesinde müşteriler işletmelerle sürekli etkileşim hâlinde bulunabilmektedir. Bu durum işletmeleri müşteri ihtiyaçlarını daha iyi anlamaya, müşteri beklentilerine daha hızlı yanıt vermeye ve müşteri deneyimini geliştirmeye yöneltmektedir (Kane vd., 2015).

İşletmeler açısından dijital dönüşümün önemli sonuçlarından biri de operasyonel verimliliğin artırılmasıdır. Otomasyon sistemleri, dijital iş süreçleri ve yapay zekâ uygulamaları birçok faaliyetin daha kısa sürede ve daha düşük maliyetle gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Böylece işletmeler hem kaynak kullanımında etkinlik sağlamakta hem de hizmet sunum süreçlerini hızlandırarak müşterilerine daha kaliteli hizmet sunabilmektedir.

Bununla birlikte dijital dönüşümün başarılı olabilmesi yalnızca teknoloji yatırımlarıyla mümkün değildir. Kurumsal kültürün yenilikçi bir yapıya sahip olması, çalışanların dijital yetkinliklerinin geliştirilmesi ve üst yönetimin dönüşüm sürecini desteklemesi büyük önem taşımaktadır. Başarılı dijital dönüşüm uygulamaları, teknoloji ile insan faktörünü birlikte değerlendirebilen işletmeler tarafından gerçekleştirilmektedir (Matt vd., 2015).

Sonuç olarak dijital dönüşüm, işletmeler için yalnızca teknolojik bir değişim değil; iş modellerini, yönetim anlayışını, müşteri ilişkilerini ve rekabet stratejilerini etkileyen kapsamlı bir dönüşüm sürecidir. Özellikle müşteri odaklılığın giderek önem kazandığı günümüz iş dünyasında dijital dönüşüm, müşteri deneyiminin iyileştirilmesini destekleyen ve sürtünmesiz müşteri deneyiminin oluşturulmasına zemin hazırlayan temel unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir.

3. MÜŞTERİ DENEYİMİ VE SÜRTÜNMESİZ MÜŞTERİ DENEYİMİ

3.1. Müşteri Deneyimi Kavramı

Yoğun rekabet ortamında işletmelerin sürdürülebilir başarı elde edebilmeleri yalnızca kaliteli ürün ve hizmet sunmalarına bağlı değildir. Günümüzde müşteriler, satın aldıkları ürün veya hizmetlerin fonksiyonel özelliklerinin yanı sıra satın alma öncesinde, satın alma sırasında ve satın alma sonrasında yaşadıkları deneyimlere de önem vermektedir. Bu durum müşteri deneyimi kavramını pazarlama literatürünün merkezine taşımış ve müşteri deneyiminin işletmeler açısından stratejik bir rekabet unsuru olarak değerlendirilmesine neden olmuştur.

Müşteri deneyimi kavramının temelleri, Pine ve Gilmore'un (1998) ortaya koyduğu deneyim ekonomisi yaklaşımına dayanmaktadır. Deneyim ekonomisi anlayışına göre işletmeler yalnızca ürün veya hizmet sunan yapılar olmaktan çıkmış, müşterilerine değer yaratan ve hatırlanabilir deneyimler sunan organizasyonlara dönüşmüştür. Bu yaklaşım, müşterilerin satın alma kararlarında ürünlerin teknik özelliklerinden ziyade yaşadıkları deneyimlerin belirleyici olabileceğini ortaya koymuştur.

Literatürde müşteri deneyimine ilişkin farklı tanımlar bulunmaktadır. Schmitt (1999), müşteri deneyimini müşterilerin işletme, marka, ürün veya hizmet ile kurdukları etkileşimler sonucunda oluşan duyusal, duygusal, bilişsel, davranışsal ve ilişkisel tepkilerin bütünü olarak tanımlamaktadır. Bu yaklaşım, müşteri deneyiminin yalnızca satın alma anında ortaya çıkan bir durum olmadığını, işletmeyle kurulan tüm ilişkileri kapsayan çok boyutlu bir süreç olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Meyer ve Schwager (2007), müşteri deneyimini müşterilerin işletmeyle doğrudan veya dolaylı temasları sonucunda oluşan içsel ve öznel tepkiler olarak ele almaktadır.

Schmitt'in (1999) geliştirdiği deneyimsel pazarlama yaklaşımında müşteri deneyimi beş temel boyutta incelenmektedir. Bunlar duyusal deneyim (sense), duygusal deneyim (feel), bilişsel deneyim (think), davranışsal deneyim (act) ve ilişkisel deneyim (relate) boyutlarıdır. Duyusal deneyim müşterilerin görme, işitme, dokunma, tatma ve koklama gibi duyularına hitap eden unsurları içerirken; duygusal deneyim müşterilerde oluşan duygu ve hisleri kapsamaktadır.

Bilişsel deneyim müşterilerin düşünsel süreçleriyle, davranışsal deneyim yaşam tarzları ve davranışlarıyla ilişkilidir. İlişkisel deneyim ise müşterilerin marka ve diğer bireylerle kurdukları sosyal bağları ifade etmektedir. Bu yönüyle müşteri deneyimi çok boyutlu ve bütüncül bir yapı göstermektedir.

Müşteri deneyimi, işletme ile müşteri arasındaki tüm temas noktalarının toplamından oluşmaktadır. Müşteriler ürün veya hizmet hakkında bilgi edinme aşamasından başlayarak satın alma, kullanım ve satış sonrası hizmet süreçlerine kadar çok sayıda temas noktasıyla karşılaşmaktadır. Lemon ve Verhoef'e (2016) göre müşteri deneyimi, müşteri yolculuğu boyunca gerçekleşen tüm temas noktalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle işletmeler açısından yalnızca belirli temas noktalarının değil, müşterinin deneyim yolculuğunun tamamının yönetilmesi önem taşımaktadır.

Teknolojik gelişmeler müşteri deneyiminin yapısında önemli değişikliklere neden olmuştur. İnternet kullanımının yaygınlaşması, mobil teknolojilerin gelişmesi ve dijital platformların günlük yaşamın ayrılmaz bir parçası hâline gelmesiyle birlikte müşteri deneyimi fiziksel ortamların ötesine taşınmıştır. Günümüzde müşteriler markalarla internet siteleri, mobil uygulamalar, sosyal medya platformları, çevrim içi topluluklar ve dijital hizmet kanalları aracılığıyla etkileşim kurmaktadır. Bu durum müşteri deneyiminin dijital ortamda yeniden şekillendiğini göstermektedir.

İşletmeler açısından müşteri deneyimi yalnızca müşteri memnuniyetini artıran bir unsur değildir. Araştırmalar, olumlu müşteri deneyimlerinin müşteri sadakatini, tekrar satın alma davranışını ve olumlu ağızdan ağıza iletişimi artırdığını göstermektedir. Buna karşılık olumsuz müşteri deneyimleri müşteri kaybına, marka itibarının zedelenmesine ve işletmenin rekabet gücünün azalmasına yol açabilmektedir (Klaus & Maklan, 2013). Bu nedenle işletmeler müşteri deneyimini stratejik bir yönetim alanı olarak değerlendirmekte ve müşteri yolculuğunu daha kolay, hızlı ve kesintisiz hâle getirmeye yönelik uygulamalara yatırım yapmaktadır.

Sonuç olarak müşteri deneyimi, müşterilerin işletmeyle kurduğu tüm etkileşimlerin sonucu olarak ortaya çıkan ve işletme performansını doğrudan etkileyen stratejik bir kavramdır. Dijital teknolojilerin gelişmesiyle birlikte müşteri deneyiminin kapsamı genişlemiş ve müşteri beklentileri önemli ölçüde değişmiştir. Bu gelişmeler müşteri deneyiminin dijital ortamlarda yeniden ele alınmasını gerekli kılmış ve dijital müşteri deneyimi kavramının ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır.

3.2. Dijital Müşteri Deneyimi

Dijital teknolojilerde yaşanan gelişmeler, işletmeler ile müşteriler arasındaki etkileşim biçimlerini önemli ölçüde değiştirmiştir. İnternet kullanımının yaygınlaşması, mobil cihazların günlük yaşamın merkezine yerleşmesi ve dijital platformların gelişmesi, müşteri deneyiminin geleneksel sınırlarının genişlemesine neden olmuştur. Böylece müşteriler yalnızca fiziksel temas noktaları üzerinden değil, aynı zamanda çok sayıda dijital kanal aracılığıyla işletmelerle iletişim kurmaya başlamıştır. Bu dönüşüm süreci, dijital müşteri deneyimi kavramının ortaya çıkmasını ve müşteri deneyimi yönetiminde yeni yaklaşımların geliştirilmesini beraberinde getirmiştir.

Dijital müşteri deneyimi, müşterilerin işletmelerle internet siteleri, mobil uygulamalar, sosyal medya platformları, çevrim içi topluluklar ve dijital müşteri hizmetleri gibi kanallar üzerinden gerçekleştirdikleri etkileşimlerin bütününü kapsamaktadır. Bu deneyimin başarısı yalnızca kullanılan teknolojilerin niteliğine bağlı değildir. Kullanım kolaylığı, erişilebilirlik, işlem hızı, güvenilirlik ve hizmetlerin müşteri ihtiyaçlarına uygun biçimde sunulması da dijital müşteri deneyiminin temel belirleyicileri arasında yer almaktadır (Rose, Hair & Clark, 2011).

Dijital müşteri deneyiminin öne çıkan özelliklerinden biri müşterilere zaman ve mekân bağımsızlığı sağlamasıdır. Geleneksel hizmet modellerinde müşteriler belirli çalışma saatleri ve fiziksel hizmet noktaları ile sınırlıyken, dijital kanallar sayesinde günün her saatinde ve herhangi bir konumdan hizmetlere erişebilmektedir. Bu durum özellikle bankacılık, elektronik ticaret ve telekomünikasyon sektörlerinde müşteri beklentilerini önemli ölçüde değiştirmiştir. Günümüz müşterileri yalnızca kaliteli hizmet almak istememekte; aynı zamanda hizmetlere hızlı, kolay ve kesintisiz biçimde ulaşmayı da beklemektedir.

Dijital müşteri deneyiminin şekillenmesinde kişiselleştirme uygulamaları önemli bir rol oynamaktadır. Dijital kanallar aracılığıyla elde edilen müşteri verileri, işletmelerin bireysel ihtiyaç ve tercihleri daha iyi anlamalarına olanak sağlamaktadır. Bu sayede müşterilere ilgi alanlarına uygun ürün önerileri, özelleştirilmiş içerikler ve kişiye özel hizmetler sunulabilmektedir. Veriye dayalı kişiselleştirme uygulamaları hem müşteri memnuniyetini artırmakta hem de müşteri bağlılığının güçlenmesine katkı sağlamaktadır (Lemon & Verhoef, 2016).

Dijital müşteri deneyiminin bir diğer önemli boyutu omnikanal yaklaşımdır. Günümüzde müşteriler farklı kanallar arasında sorunsuz geçiş yapabilmeyi beklemektedir. Örneğin mobil uygulama üzerinden başlatılan bir işlemin internet sitesi, çağrı merkezi veya fiziksel şube aracılığıyla devam ettirilebilmesi müşteri açısından önemli bir kolaylık sağlamaktadır. Bu

nedenle farklı temas noktalarının birbiriyle entegre şekilde çalışması, başarılı bir dijital müşteri deneyiminin temel koşullarından biri olarak görülmektedir (Verhoef, Kannan & Inman, 2015). Bununla birlikte dijital müşteri deneyiminin yönetimi çeşitli zorlukları da beraberinde getirmektedir. Müşteri beklentilerinin sürekli değişmesi, dijital kanalların çeşitlenmesi ve yoğun rekabet koşulları işletmeleri sürekli iyileştirme faaliyetleri yürütmeye zorlamaktadır. Ayrıca veri gizliliği, siber güvenlik, sistem performansı ve hizmet sürekliliği gibi konular da müşterilerin deneyim algısını doğrudan etkileyebilmektedir. Bu nedenle işletmelerin yalnızca teknoloji yatırımlarına odaklanmaları yeterli olmamakta; müşteri ihtiyaçlarını merkeze alan bütüncül bir deneyim yönetimi anlayışı benimsemeleri gerekmektedir.

Dijital müşteri deneyimi günümüzde işletmelerin rekabet avantajı elde etmelerinde önemli bir unsur haline gelmiştir. Müşterilerin dijital kanallar üzerinden yaşadıkları deneyimlerin kalitesi, memnuniyet, güven ve sadakat düzeylerini doğrudan etkileyebilmektedir. Bununla birlikte müşterilerin beklentileri yalnızca dijital hizmetlerin sunulmasıyla sınırlı değildir. Müşteriler hizmet süreçlerinde karşılaştıkları engellerin azaltılmasını, işlemlerini daha az çaba harcayarak tamamlayabilmeyi ve ihtiyaç duydukları çözümlere hızlı şekilde ulaşabilmeyi beklemektedir. Bu beklentiler, müşteri deneyimi anlayışının daha ileri bir aşaması olarak değerlendirilen sürtünmesiz müşteri deneyimi yaklaşımının ön plana çıkmasına zemin hazırlamıştır.

3.3. Sürtünmesiz Müşteri Deneyimi

Dijital teknolojilerin gelişmesi ve müşteri beklentilerinin değişmesi, işletmeleri müşteri deneyimini yeniden değerlendirmeye yöneltmiştir. Günümüz müşterileri yalnızca dijital kanallar aracılığıyla hizmet almak istememekte, aynı zamanda hizmet süreçlerinin hızlı, kolay ve kesintisiz biçimde yürütülmesini beklemektedir. Bu beklentiler doğrultusunda önem kazanan sürtünmesiz müşteri deneyimi kavramı, müşteri yolculuğu sırasında karşılaşılan engellerin en aza indirildiği ve müşterilerin hedeflerine minimum çaba ile ulaşabildiği bir deneyim yaklaşımını ifade etmektedir. Başka bir ifadeyle sürtünmesiz müşteri deneyimi, müşterilerin ihtiyaçlarını mümkün olan en az zaman ve emek harcayarak karşılayabilmelerini ve karşılaştıkları sorunları kolaylıkla çözebilmelerini hedeflemektedir.

Sürtünmesiz müşteri deneyiminin temelinde müşteri çabası (customer effort) kavramı yer almaktadır. Müşterilerin bir ürün veya hizmete ulaşmak, bilgi edinmek ya da yaşadıkları bir sorunu çözmek için harcadıkları fiziksel, bilişsel ve zamansal çabanın azaltılması, müşteri deneyiminin geliştirilmesinde önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Dixon, Freeman ve Toman'a (2010) göre müşteriler her zaman beklentilerinin aşılmasını değil, işlemlerini kolay ve sorunsuz biçimde tamamlayabilmeyi istemektedir. Bu nedenle müşteri deneyimindeki

başarının önemli göstergelerinden biri, müşterilerin hedeflerine ulaşırken karşılaştıkları zorlukların ve harcadıkları çabanın azaltılmasıdır.

Sürtünme noktaları, müşteri deneyimini olumsuz etkileyen engeller, gecikmeler veya aksaklıklar olarak tanımlanmaktadır. Uzun bekleme süreleri, karmaşık işlem adımları, tekrar edilen bilgi talepleri, kanallar arasında yaşanan uyumsuzluklar ve yetersiz müşteri desteği bu sürtünmelerin başlıca kaynakları arasında yer almaktadır. Bu tür sorunlar müşterilerin zaman kaybetmelerine neden olmakta ve işletmeye yönelik algılarını olumsuz etkileyebilmektedir. Sürtünmesiz müşteri deneyimi yaklaşımı ise bu engelleri azaltmayı, süreçleri sadeleştirmeyi ve müşteri yolculuğunu daha akıcı hâle getirmeyi amaçlamaktadır (Rawson, Duncan & Jones, 2013).

Bu yaklaşımın oluşturulmasında müşteri yolculuğu kavramı önemli bir rol oynamaktadır. Müşteri yolculuğu, ihtiyaç farkındalığından başlayarak satın alma ve satış sonrası hizmetlere kadar uzanan süreçte müşterinin işletme ile gerçekleştirdiği tüm etkileşimleri kapsamaktadır. Günümüzde işletmeler yalnızca belirli temas noktalarına odaklanmak yerine müşteri yolculuğunun bütününü yönetmeye çalışmaktadır. Çünkü müşterilerin deneyimleri çoğu zaman tek bir temas noktasından değil, süreç boyunca yaşadıkları tüm etkileşimlerin birleşiminden oluşmaktadır (Lemon & Verhoef, 2016).

Dijital dönüşüm süreci, sürtünmesiz müşteri deneyiminin hayata geçirilmesi açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Mobil uygulamalar, self-servis işlem kanalları, yapay zekâ destekli müşteri hizmetleri, dijital kimlik doğrulama sistemleri ve kişiselleştirilmiş hizmet uygulamaları müşterilerin işlemlerini daha hızlı ve daha az çaba ile tamamlayabilmelerine olanak sağlamaktadır. Özellikle müşterilerin müşteri temsilcisi desteğine ihtiyaç duymadan bilgiye ulaşabilmeleri ve sorunlarını çözebilmeleri, sürtünmesiz deneyimin önemli göstergeleri arasında kabul edilmektedir.

İşletmeler açısından sürtünmesiz müşteri deneyimi yalnızca müşteri memnuniyetini artıran bir uygulama değildir. Aynı zamanda operasyonel verimliliğin geliştirilmesine, müşteri sadakatinin güçlendirilmesine ve sürdürülebilir rekabet avantajı elde edilmesine katkı sağlamaktadır. Bu nedenle birçok işletme müşteri yolculuğunda sorun yaratan noktaları belirleyebilmek amacıyla müşteri deneyimi haritalandırma çalışmalarından yararlanmakta ve süreç iyileştirme faaliyetlerine öncelik vermektedir (Edelman & Singer, 2015).

Sürtünmesiz müşteri deneyiminin başarısı, müşterilerin hizmet süreçleri boyunca karşılaştıkları engellerin doğru şekilde belirlenmesine ve bu engellerin sistematik biçimde ortadan kaldırılmasına bağlıdır. Bu nedenle müşteri yolculuğunda ortaya çıkan sürtünme

noktalarının analiz edilmesi ve deneyimi olumsuz etkileyen unsurların tespit edilmesi kritik önem taşımaktadır. Bu çerçevede müşteri yolculuğu boyunca ortaya çıkan sürtünme noktalarının ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir.

3.4. Müşteri Yolculuğunda Sürtünme Noktaları

Müşteri deneyiminin etkili biçimde yönetilebilmesi için müşteri yolculuğu boyunca ortaya çıkan sürtünme noktalarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Müşteri yolculuğu, müşterilerin bir ihtiyacı fark etmelerinden başlayarak bilgi edinme, değerlendirme, satın alma, kullanım ve satış sonrası hizmet süreçlerine kadar uzanan tüm etkileşimleri kapsamaktadır. Bu süreçlerde karşılaşılan engeller, gecikmeler veya karmaşıklıklar müşteri deneyimini olumsuz etkileyebilmekte ve müşteri memnuniyetinin azalmasına yol açabilmektedir. Bu nedenle işletmelerin müşteri yolculuğunu bütüncül bir yaklaşımla ele almaları ve müşteri deneyimini zorlaştıran unsurları tespit ederek ortadan kaldırmaları gerekmektedir.

Sürtünme noktaları, müşterilerin bir hizmet veya ürüne ulaşırken ilave zaman, çaba ya da maliyet harcamalarına neden olan unsurlar olarak tanımlanmaktadır. Günümüz müşterileri hızlı ve kolay hizmet beklentisine sahip olduklarından, küçük aksaklıklar dahi deneyimi olumsuz etkileyebilmektedir. Rawson, Duncan ve Jones'a (2013) göre müşteri deneyiminin başarısı, tek tek temas noktalarından çok müşteri yolculuğunun tamamında yaşanan deneyime bağlıdır. Bu nedenle işletmeler yalnızca belirli temas noktalarını değil, müşteri yolculuğunun bütününü iyileştirmeye odaklanmalıdır.

Müşteri yolculuğunda karşılaşılan temel sürtünme kaynaklarından biri bilgiye erişim sürecidir. Müşterilerin ihtiyaç duydukları bilgilere kolay ulaşamaması, karmaşık internet siteleri, yetersiz açıklamalar veya eksik yönlendirmeler müşteri deneyimini olumsuz etkileyebilmektedir. Özellikle dijital kanalların yoğun biçimde kullanıldığı sektörlerde bilgiye erişimin kolay ve anlaşılır olması müşteri memnuniyetinin temel belirleyicilerinden biri olarak görülmektedir.

Satın alma ve işlem gerçekleştirme süreçleri de önemli sürtünme noktaları arasında yer almaktadır. Uzun formlar, gereksiz onay mekanizmaları, tekrar eden veri girişleri ve karmaşık işlem adımları müşterilerin işlemi yarıda bırakmasına veya hizmetten vazgeçmesine neden olabilmektedir. Özellikle dijital hizmetlerde müşterilerin işlemlerini kısa sürede tamamlamak istemeleri, süreç tasarımı ve kullanıcı deneyimini daha önemli hâle getirmektedir. Bu nedenle işletmeler müşteri yolculuğundaki gereksiz adımları azaltmaya ve süreçleri sadeleştirmeye yönelik çalışmalar yürütmektedir (Edelman & Singer, 2015).

Bir diğer önemli sürtünme kaynağı ise farklı kanallar arasındaki geçişlerde ortaya çıkmaktadır. Günümüzde müşteriler mobil uygulamalar, internet siteleri, çağrı merkezleri, sosyal medya

platformları ve fiziksel hizmet noktaları gibi birçok temas kanalını birlikte kullanmaktadır. Ancak bu kanallar arasında yeterli entegrasyonun sağlanamaması durumunda müşteriler aynı bilgileri tekrar vermek zorunda kalabilmekte veya süreci yeniden başlatabilmektedir. Bu durum müşteri deneyimini olumsuz etkilerken işlem sürelerinin uzamasına da neden olmaktadır. Omnikanal deneyim yaklaşımı, farklı temas noktaları arasında kesintisiz ve tutarlı bir deneyim sunarak bu sürtünmeleri azaltmayı amaçlamaktadır (Verhoef, Kannan & Inman, 2015).

Tablo 1. Müşteri Yolculuğunda Karşılaşılan Temel Sürtünme Noktaları ve Çözüm Yaklaşımları

Müşteri Yolculuğu Aşaması	Sürtünme Noktası	Çözüm Yaklaşımı
Bilgi Arama	Karmaşık web siteleri, yetersiz içerik ve eksik yönlendirmeler	Kullanıcı dostu arayüzler, gelişmiş arama araçları ve dijital rehberler
İşlem Süreci	Uzun formlar, tekrar eden veri girişleri ve çok adımlı işlemler	Süreç sadeleştirme, otomasyon ve dijital entegrasyon
Kanal Geçişleri	Aynı bilgilerin tekrar paylaşılması ve kanal uyumsuzlukları	Omnikanal hizmet yapısı ve kanal entegrasyonu
Satış Sonrası Hizmetler	Uzun bekleme süreleri ve yetersiz destek hizmetleri	Chatbotlar, dijital asistanlar ve self-servis sistemler
Güvenlik ve Doğrulama	Karmaşık kimlik doğrulama süreçleri	Biyometrik doğrulama ve dijital kimlik sistemleri

Kaynak: *Yazar tarafından oluşturulmuştur.*

Tablo 1 incelendiğinde müşteri yolculuğunda ortaya çıkan sürtünmelerin büyük ölçüde bilgiye erişim, işlem süreçleri, kanal geçişleri ve satış sonrası hizmet aşamalarında yoğunlaştığı görülmektedir. Dijital teknolojiler ve süreç iyileştirme uygulamaları, bu sürtünmelerin azaltılmasında önemli rol oynamakta ve müşteri deneyiminin daha akıcı bir yapıya kavuşmasına katkı sağlamaktadır.

Satış sonrası hizmet süreçleri de müşteri yolculuğunun kritik aşamalarından biridir. Müşterilerin yaşadıkları sorunlara hızlı çözüm bulamamaları, müşteri temsilcilerine ulaşmakta zorlanmaları veya uzun bekleme süreleriyle karşılaşmaları olumsuz deneyimlerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Dixon, Freeman ve Toman (2010), müşterilerin beklentilerinin aşılmasından çok sorunlarının hızlı ve zahmetsiz biçimde çözülmesine önem

verdiklerini vurgulamaktadır. Bu nedenle işletmeler müşteri destek süreçlerini iyileştirmek amacıyla yapay zekâ destekli chatbotlardan, dijital asistanlardan ve self-servis hizmet sistemlerinden yararlanmaktadır.

Bankacılık sektöründe sürtünme noktaları sıklıkla kimlik doğrulama süreçlerinde, işlem güvenliği uygulamalarında, kredi ve hesap açılış başvurularında ya da müşteri desteğine erişim aşamalarında ortaya çıkmaktadır. Özellikle basit işlemler için şubeye gitme zorunluluğu veya çağrı merkezlerinde uzun süre beklenmesi müşteri memnuniyetini azaltabilmektedir. Bu nedenle dijital bankacılık uygulamalarının temel amaçlarından biri, müşteri yolculuğunda karşılaşılan bu engelleri azaltarak daha hızlı, kolay ve kesintisiz bir hizmet deneyimi sunmaktır. Müşteri yolculuğu boyunca ortaya çıkan sürtünmeler, müşteri deneyiminin kalitesini doğrudan etkileyen unsurlar arasında yer almaktadır. İşletmelerin süreçlerini sadeleştirmeleri, hizmet sunumunu hızlandırmaları ve kanallar arasındaki entegrasyonu güçlendirmeleri sürtünmesiz müşteri deneyiminin oluşturulmasında kritik bir rol oynamaktadır. Dijital dönüşüm süreci de bu noktada devreye girerek müşteri yolculuğunda yaşanan sürtünmeleri azaltmaya yönelik teknolojik çözümler sunmakta ve daha akıcı deneyimlerin oluşturulmasına katkı sağlamaktadır.

4. DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE SÜRTÜNMESİZ MÜŞTERİ DENEYİMİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Dijital dönüşüm ve sürtünmesiz müşteri deneyimi, günümüz işletmelerinin rekabet stratejilerinde birbirini tamamlayan iki önemli kavram olarak öne çıkmaktadır. Dijital dönüşüm; işletmelerin teknoloji, süreç ve organizasyon yapılarını yeniden şekillendirmelerini ifade ederken, sürtünmesiz müşteri deneyimi bu dönüşümün müşteriye yansıyan boyutunu oluşturmaktadır. Bu nedenle sürtünmesiz müşteri deneyimi çoğu zaman dijital dönüşümün bir sonucu olarak değerlendirilmekte ve müşteri odaklı dijital stratejilerin temel hedeflerinden biri olarak görülmektedir.

İşletmelerin dijital dönüşüm süreçlerine yönelmelerindeki temel nedenlerden biri, değişen müşteri beklentilerine daha etkin biçimde karşılık verebilmektir. Günümüz müşterileri yalnızca kaliteli ürün ve hizmet talep etmemekte, aynı zamanda işlemlerini hızlı, kolay ve minimum çaba ile gerçekleştirmek istemektedir. Bu beklenti, müşteri deneyimi tasarımında erişilebilirlik, kullanım kolaylığı ve zaman tasarrufu gibi unsurların ön plana çıkmasına neden olmaktadır. Dijital dönüşüm sayesinde işletmeler müşteri yolculuklarını daha ayrıntılı analiz edebilmekte, sürtünme yaratan noktaları belirleyebilmekte ve bu alanlarda iyileştirmeler gerçekleştirebilmektedir.

Dijital dönüşümün sürtünmesiz müşteri deneyimine sağladığı en önemli katkılardan biri süreçlerin sadeleştirilmesidir. Geleneksel hizmet süreçlerinde müşteriler sıklıkla farklı kanallar arasında geçiş yapmak, aynı bilgileri tekrar paylaşmak veya çok sayıda işlem adımını takip etmek zorunda kalabilmektedir. Dijital teknolojiler ise süreç otomasyonu ve sistem entegrasyonu sayesinde bu gereksiz aşamaların azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Böylece müşteriler hizmetlere daha kolay erişebilmekte ve işlemlerini daha kısa sürede tamamlayabilmektedir.

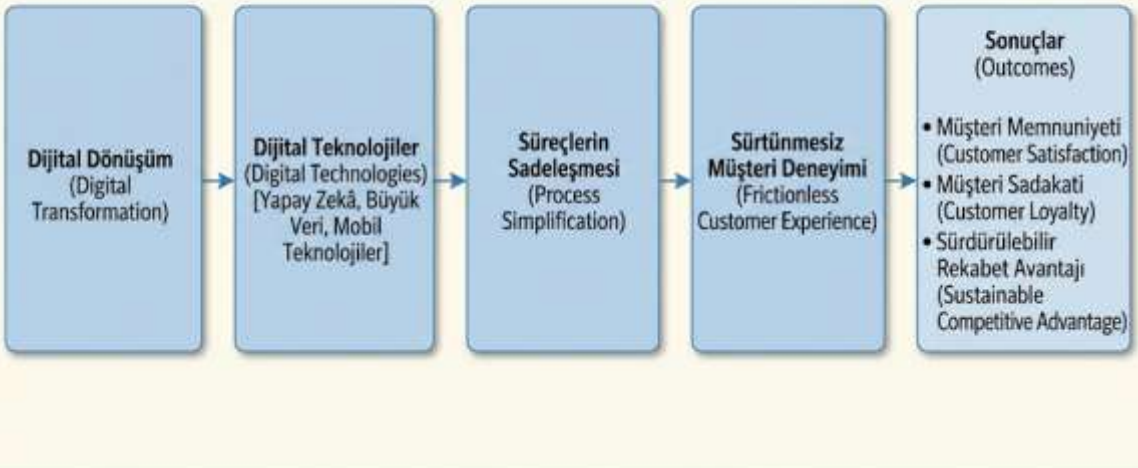
Bu ilişkinin bir diğer önemli boyutu veri kullanımında ortaya çıkmaktadır. İşletmeler dijital kanallar aracılığıyla elde ettikleri müşteri verilerini analiz ederek ihtiyaçları ve beklentileri daha doğru biçimde belirleyebilmektedir. Bu durum müşteri taleplerinin önceden tahmin edilmesine ve kişiselleştirilmiş hizmetlerin sunulmasına olanak sağlamaktadır. Kişiselleştirme uygulamaları, müşterilerin ihtiyaç duydukları bilgi ve hizmetlere daha hızlı ulaşmalarını sağlayarak deneyim sürecindeki sürtünmeleri azaltmaktadır.

Yapay zekâ teknolojileri de dijital dönüşüm ile sürtünmesiz müşteri deneyimi arasındaki ilişkiyi güçlendiren önemli unsurlar arasında yer almaktadır. Yapay zekâ destekli sistemler müşteri davranışlarını analiz edebilmekte, müşterilere kişiye özel öneriler sunabilmekte ve taleplere gerçek zamanlı yanıt verebilmektedir. Özellikle chatbotlar ve sanal asistanlar, müşterilerin yaşadıkları sorunlara hızlı çözümler sunarak müşteri temsilcilerine duyulan ihtiyacı azaltmaktadır. Bu sayede hizmet süreçleri daha akıcı ve kesintisiz bir yapıya kavuşmaktadır.

Bununla birlikte dijital dönüşüm her zaman sürtünmesiz müşteri deneyimi ile sonuçlanmamaktadır. Karmaşık kullanıcı arayüzleri, yetersiz kanal entegrasyonu, veri güvenliği endişeleri veya teknik altyapı sorunları müşteri deneyiminde yeni sürtünme noktalarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle dijital dönüşüm yatırımlarının başarısı yalnızca yeni teknolojilerin kullanılmasına değil, bu teknolojilerin müşteri ihtiyaçları doğrultusunda tasarlanmasına da bağlıdır.

Müşteri deneyimindeki iyileşmelerin müşteri memnuniyeti, müşteri sadakati ve tekrar satın alma davranışı üzerinde olumlu etkiler yarattığı bilinmektedir. Bu nedenle sürtünmesiz müşteri deneyimi, işletmeler açısından yalnızca operasyonel bir iyileştirme aracı değil, aynı zamanda uzun vadeli rekabet avantajı sağlayan stratejik bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Şekil 1. Dijital Dönüşüm ve Sürtünmesiz Müşteri Deneyimi İlişkisi



Kaynak: *Yazar tarafından oluşturulmuştur.*

Şekil 1'de dijital dönüşüm ile sürtünmesiz müşteri deneyimi arasındaki ilişki özetlenmektedir. Dijital dönüşüm kapsamında kullanılan teknolojiler, hizmet süreçlerinin sadeleştirilmesine katkı sağlamakta ve müşteri yolculuğunda ortaya çıkan sürtünmelerin azaltılmasına olanak tanımaktadır. Bunun sonucunda müşteriler daha hızlı ve kolay hizmet alabilmekte, işletmeler ise müşteri memnuniyeti, müşteri sadakati ve rekabet avantajı gibi çıktılar elde edebilmektedir. Özellikle bankacılık, sigortacılık, perakende ve telekomünikasyon gibi hizmet sektörlerinde dijital dönüşüm ile sürtünmesiz müşteri deneyimi arasındaki ilişki daha belirgin hâle gelmektedir. Dijital hizmet kanallarının yaygınlaşması, işletmeleri müşteri deneyimini yeniden tasarlamaya yöneltmiş ve sürtünmesiz deneyim yaklaşımını dijital stratejilerin merkezi unsurlarından biri hâline getirmiştir. Bu çerçevede dijital dönüşüm, müşteri yolculuğundaki engellerin azaltılmasını sağlayan teknolojik altyapıyı oluştururken; sürtünmesiz müşteri deneyimi bu altyapının müşteriye sunduğu değeri temsil etmektedir. Dolayısıyla dijital dönüşüm yatırımlarının başarısı, büyük ölçüde müşterilere ne derece kolay, hızlı ve kesintisiz bir deneyim sunulabildiğiyle ilişkilidir.

5. DİJİTAL TEKNOLOJİLERİN SÜRTÜNMESİZ MÜŞTERİ DENEYİMİNDEKİ ROLÜ

Dijital dönüşümün müşteri deneyimine en önemli yansımalarından biri, müşteri yolculuğunda karşılaşılan sürtünme noktalarının teknolojik çözümler aracılığıyla azaltılmasıdır. Günümüzde işletmeler müşteri beklentilerini daha iyi anlayabilmek, hizmet süreçlerini hızlandırabilmek ve müşteri deneyimini iyileştirebilmek amacıyla çeşitli dijital teknolojilerden yararlanmaktadır.

Yapay zekâ, büyük veri analitiği, self-servis teknolojiler, omnikanal hizmet sistemleri ve kişiselleştirme uygulamaları sürtünmesiz müşteri deneyiminin oluşturulmasında önemli rol oynamaktadır. Bu teknolojiler müşterilerin bilgiye daha hızlı erişmelerini, işlemlerini daha kısa sürede tamamlamalarını ve karşılaştıkları sorunlara daha kolay çözüm bulmalarını mümkün kılmaktadır.

5.1. Yapay Zekâ ve Chatbot Uygulamaları

Yapay zekâ, sürtünmesiz müşteri deneyiminin oluşturulmasında en yaygın kullanılan teknolojilerden biridir. Yapay zekâ destekli sistemler müşteri davranışlarını analiz edebilmekte, ihtiyaçları öngörebilmekte ve müşterilere kişiselleştirilmiş çözümler sunabilmektedir. Özellikle doğal dil işleme teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte chatbotlar ve sanal asistanlar müşteri hizmetleri süreçlerinde önemli bir yer edinmiştir.

Chatbotlar müşterilerin sık karşılaştıkları sorunlara anlık yanıt verilmesini sağlayarak müşteri temsilcilerine duyulan ihtiyacı azaltmaktadır. Bu sistemler günün her saatinde hizmet sunabilmekte ve müşterilerin bekleme sürelerini önemli ölçüde kısaltabilmektedir. Ayrıca müşterilerin işlemlerini bağımsız biçimde gerçekleştirmelerine olanak tanıyarak müşteri yolculuğundaki sürtünmeleri azaltmaktadır. Yapay zekâ destekli müşteri hizmetleri uygulamalarının müşteri memnuniyetini artırdığı ve işletmelere maliyet avantajı sağladığı belirtilmektedir (Davenport vd., 2020).

5.2. Büyük Veri Analitiği

Büyük veri analitiği, müşterilerden elde edilen büyük hacimli verilerin işlenerek anlamlı bilgilere dönüştürülmesini sağlayan önemli bir teknolojidir. Günümüzde müşteriler dijital platformlarda sürekli veri üretmekte ve işletmeler bu verileri analiz ederek müşteri davranışları hakkında ayrıntılı bilgiler elde edebilmektedir. Bu sayede müşterilerin ihtiyaçları, tercihleri ve davranış eğilimleri daha doğru biçimde belirlenebilmektedir.

Büyük veri analitiği işletmelere yalnızca mevcut müşteri davranışlarını değerlendirme imkânı sunmamakta, aynı zamanda gelecekte ortaya çıkabilecek müşteri ihtiyaçlarını önceden tahmin etme fırsatı da vermektedir. Böylece işletmeler olası sorunları önceden öngörebilmekte ve müşterilerine proaktif çözümler sunabilmektedir. Bu durum müşteri deneyiminin daha akıcı ve kesintisiz hale gelmesine katkı sağlamaktadır (Bharadwaj vd., 2013).

5.3. Self-Servis Teknolojiler

Self-servis teknolojiler, müşterilerin herhangi bir çalışan desteğine ihtiyaç duymadan işlemlerini gerçekleştirebildikleri dijital sistemleri ifade etmektedir. ATM'ler, internet

bankacılığı uygulamaları, mobil bankacılık sistemleri, çevrim içi hizmet platformları ve dijital müşteri destek araçları bu teknolojilere örnek olarak gösterilebilir.

Bu teknolojilerin temel amacı müşterilerin hizmetlere daha hızlı, kolay ve bağımsız biçimde erişmelerini sağlamaktır. Self-servis sistemler sayesinde müşteriler zaman ve mekân sınırlaması olmaksızın hizmetlerden yararlanabilmekte ve birçok işlemi kendi başlarına gerçekleştirebilmektedir. Özellikle bankacılık sektöründe kullanılan self-servis uygulamalar müşteri işlem sürelerini azaltırken hizmet kalitesini ve müşteri memnuniyetini artırmaktadır (Meuter vd., 2000).

5.4. Omnikanal Deneyim Yönetimi

Dijital müşteri deneyiminin önemli bileşenlerinden biri de omnikanal hizmet yaklaşımıdır. Omnikanal deneyim, müşterilerin farklı temas noktaları arasında kesintisiz ve tutarlı bir deneyim yaşamalarını ifade etmektedir. Günümüzde müşteriler yalnızca tek bir kanal üzerinden işlem yapmak yerine mobil uygulama, internet sitesi, çağrı merkezi ve fiziksel hizmet noktaları arasında geçiş yapabilmektedir.

Omnikanal yaklaşım sayesinde müşteriler bir kanalda başlattıkları işlemi başka bir kanalda sürdürebilmekte ve süreç boyunca aynı bilgileri tekrar paylaşmak zorunda kalmamaktadır. Bu durum müşteri yolculuğunda yaşanan sürtünmeleri azaltırken deneyimin daha bütüncül ve tutarlı hale gelmesini sağlamaktadır. Kanal entegrasyonunun başarılı şekilde sağlanması sürtünmesiz müşteri deneyiminin temel koşullarından biri olarak değerlendirilmektedir (Verhoef, Kannan & Inman, 2015).

5.5. Kişiselleştirme ve Tahmine Dayalı Hizmetler

Kişiselleştirme uygulamaları, sürtünmesiz müşteri deneyiminin oluşturulmasında önemli rol oynayan unsurlardan biridir. Müşterilerin ilgi alanları, geçmiş işlemleri ve davranış özellikleri dikkate alınarak sunulan kişiselleştirilmiş öneriler, müşterilerin ihtiyaç duydukları ürün ve hizmetlere daha kolay ulaşmalarını sağlamaktadır.

Gelişmiş veri analitiği ve yapay zekâ teknolojileri sayesinde işletmeler müşterilerin ihtiyaçlarını ortaya çıkmadan önce tahmin edebilmekte ve uygun çözümler geliştirebilmektedir. Tahmine dayalı hizmet anlayışı müşterilerin problem yaşama olasılığını azaltmakta ve müşteri deneyimini daha proaktif bir yapıya dönüştürmektedir. Bu yaklaşım özellikle dijital bankacılık ve elektronik ticaret sektörlerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Yapay zekâ, büyük veri analitiği, self-servis sistemler, omnikanal hizmet yönetimi ve kişiselleştirme uygulamaları müşteri yolculuğundaki sürtünmeleri azaltan temel teknolojik araçlar arasında yer almaktadır. Bu teknolojiler sayesinde müşteriler daha hızlı, kolay ve

kesintisiz hizmet alabilmekte; işletmeler ise müşteri beklentilerine daha etkin biçimde cevap verebilmektedir. Böylece dijital teknolojiler, dijital dönüşüm ile sürtünmesiz müşteri deneyimi arasındaki ilişkinin teknolojik temelini oluşturmaktadır.

6. BANKACILIK SEKTÖRÜNDE SÜRTÜNMESİZ MÜŞTERİ DENEYİMİ UYGULAMALARI

Bankacılık sektörü, dijital dönüşüm uygulamalarının en yoğun ve en hızlı şekilde hayata geçirildiği sektörlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Artan rekabet koşulları, değişen müşteri beklentileri ve teknolojik gelişmeler, bankaları geleneksel hizmet modellerinden uzaklaştırarak daha hızlı, erişilebilir ve müşteri odaklı hizmet anlayışlarını benimsemeye yöneltmiştir. Özellikle mobil teknolojilerin gelişmesi ve dijital kanalların yaygınlaşması, bankacılık hizmetlerinin sunum biçimini önemli ölçüde değiştirmiştir. Günümüzde müşteriler hesap yönetimi, para transferleri, kredi başvuruları ve yatırım işlemleri gibi birçok bankacılık faaliyetini zaman ve mekân sınırlaması olmaksızın gerçekleştirebilmektedir.

Dijital hizmetlerin yaygınlaşmasıyla birlikte bankacılık sektöründe müşteri deneyimi de yeniden şekillenmiştir. Müşteriler artık yalnızca finansal hizmetlerin güvenilir olmasını değil, aynı zamanda hızlı, kolay ve kesintisiz biçimde sunulmasını beklemektedir. Bu durum sürtünmesiz müşteri deneyimi yaklaşımının önemini artırmış ve müşteri yolculuğundaki engellerin azaltılmasını bankaların temel önceliklerinden biri hâline getirmiştir. Günümüzde bankalar yalnızca finansal hizmet sunan kurumlar olarak değil, müşterilerine kesintisiz dijital deneyimler sağlayan teknoloji odaklı organizasyonlar olarak değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda mobil bankacılık uygulamaları, self-servis hizmet sistemleri, yapay zekâ destekli müşteri hizmetleri ve açık bankacılık uygulamaları sürtünmesiz müşteri deneyiminin oluşturulmasında önemli araçlar olarak kullanılmaktadır.

6.1. Bankacılık Sektöründe Dijital Dönüşüm

Bankacılık sektörü, dijital dönüşümün etkilerinin en belirgin şekilde gözlemlendiği sektörlerden biri olarak öne çıkmaktadır. İnternet teknolojilerindeki gelişmeler, mobil cihaz kullanımının yaygınlaşması ve dijital hizmet kanallarının çeşitlenmesiyle birlikte birçok bankacılık hizmeti dijital platformlara taşınmıştır. Günümüzde hesap yönetimi, para transferleri, kredi başvuruları, yatırım işlemleri ve müşteri destek hizmetleri gibi birçok işlem büyük ölçüde dijital kanallar aracılığıyla gerçekleştirilebilmektedir.

Dijital dönüşüm, bankaların hizmet sunma biçimlerinde önemli değişiklikler meydana getirmiştir. Geleneksel bankacılık anlayışında müşteriler birçok işlem için fiziksel şubelere yönelirken, günümüzde aynı işlemler kısa süre içerisinde dijital kanallar üzerinden

tamamlanabilmektedir. Bu dönüşüm hem müşteriler açısından zaman tasarrufu sağlamakta hem de bankaların operasyonel süreçlerini daha etkin şekilde yönetmelerine olanak tanımaktadır.

Bankacılık sektöründe dijital dönüşümün sağladığı önemli avantajlardan biri, müşteri ihtiyaçlarının daha doğru analiz edilebilmesidir. Bankalar, dijital kanallar aracılığıyla elde ettikleri verileri analiz ederek müşterilerinin finansal davranışlarını daha iyi anlayabilmekte ve ihtiyaçlarına uygun hizmetler geliştirebilmektedir. Veriye dayalı yönetim anlayışının yaygınlaşması, müşteri odaklı hizmet tasarımlarının geliştirilmesini ve müşteri deneyiminin iyileştirilmesini desteklemektedir (Mbama vd., 2018).

Bununla birlikte dijital dönüşüm yalnızca hizmetlerin dijital ortama taşınmasını ifade etmemektedir. Aynı zamanda bankaların organizasyon yapılarının, süreçlerinin ve müşteriyle etkileşim biçimlerinin yeniden şekillendirilmesini de kapsamaktadır. Bu nedenle dijital dönüşüm, bankacılık sektöründe sürtünmesiz müşteri deneyiminin oluşturulmasına zemin hazırlayan temel unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir.

6.2. Mobil Bankacılık ve Self-Servis Hizmetler

Mobil bankacılık uygulamaları, sürtünmesiz müşteri deneyiminin en önemli bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Akıllı telefonların yaygınlaşmasıyla birlikte müşteriler bankacılık işlemlerini istedikleri zaman ve istedikleri yerden gerçekleştirebilme imkânına kavuşmuştur. Hesap görüntüleme, para transferi, fatura ödeme, yatırım işlemleri ve kredi başvuruları gibi birçok hizmet mobil uygulamalar aracılığıyla kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Bu durum müşterilerin fiziksel şubelere olan bağımlılığını önemli ölçüde azaltmaktadır.

Mobil bankacılık uygulamalarının kullanıcı dostu arayüzlerle tasarlanması ve işlem süreçlerinin sadeleştirilmesi müşteri deneyiminin kalitesini artırmaktadır. Özellikle biyometrik kimlik doğrulama sistemleri, QR kod ile ödeme işlemleri, hızlı para transferi uygulamaları ve dijital cüzdan çözümleri müşteri çabasını azaltan önemli uygulamalar arasında yer almaktadır. Bu teknolojiler sayesinde müşteriler bankacılık işlemlerini daha az işlem adımıyla ve daha kısa sürede tamamlayabilmektedir.

Mobil bankacılık uygulamaları aynı zamanda müşterilere işlemlerini takip etme ve finansal faaliyetlerini yönetme konusunda daha fazla kontrol sağlamaktadır. Gerçek zamanlı bildirimler, hesap hareketlerinin anlık izlenebilmesi ve kişiselleştirilmiş finansal öneriler müşteri deneyimini geliştiren unsurlar arasında yer almaktadır. Bu özellikler müşterilerin

bilgiye hızlı erişmesini sağlarken bankalar ile müşteriler arasındaki etkileşimi de güçlendirmektedir.

Bankalarda kullanılan self-servis teknolojiler de sürtünmesiz müşteri deneyiminin oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır. ATM'ler, internet bankacılığı sistemleri, dijital işlem kioskları ve çevrim içi müşteri destek araçları müşterilerin birçok işlemi herhangi bir çalışan desteğine ihtiyaç duymadan gerçekleştirmelerine olanak tanımaktadır. Bu sistemler sayesinde müşteriler hizmetlere daha hızlı erişebilmekte ve karşılaştıkları sorunlara daha kısa sürede çözüm bulabilmektedir.

Self-servis teknolojilerin sağladığı faydalar yalnızca müşteri tarafıyla sınırlı değildir. Bu uygulamalar bankaların operasyonel yükünü azaltmakta, işlem maliyetlerini düşürmekte ve hizmet süreçlerini daha verimli hâle getirmektedir. Bu nedenle mobil bankacılık ve self-servis teknolojiler hem müşteri memnuniyetini artıran hem de bankaların operasyonel etkinliklerini destekleyen önemli dijital dönüşüm araçları olarak değerlendirilmektedir (Meuter vd., 2000).

6.3. Yapay Zekâ Destekli Müşteri Hizmetleri

Yapay zekâ teknolojileri, bankacılık sektöründe müşteri deneyiminin geliştirilmesinde giderek daha önemli bir rol üstlenmektedir. Dijital dönüşüm sürecinin hız kazanmasıyla birlikte bankalar, müşteri taleplerine daha hızlı ve etkin şekilde cevap verebilmek amacıyla yapay zekâ tabanlı çözümlerden yararlanmaktadır. Özellikle chatbotlar, dijital asistanlar ve akıllı müşteri destek sistemleri, müşteri hizmetleri süreçlerinin daha verimli yürütülmesine katkı sağlamaktadır.

Yapay zekâ destekli müşteri hizmetleri sistemleri; hesap bilgileri, kart işlemleri, kredi ürünleri, yatırım hizmetleri ve teknik destek gibi birçok konuda müşterilere anlık bilgi sunabilmektedir. Bu sistemlerin günün her saatinde kesintisiz hizmet verebilmesi, müşteri temsilcilerinin iş yükünü azaltırken müşterilerin bekleme sürelerini de önemli ölçüde düşürmektedir. Böylece müşteriler ihtiyaç duydukları bilgiye daha hızlı ulaşabilmekte ve birçok işlemi herhangi bir ek destek almadan gerçekleştirebilmektedir (Davenport vd., 2020).

Yapay zekânın müşteri deneyimine sağladığı önemli katkılardan biri de kişiselleştirme imkânıdır. Müşteri davranışlarının ve işlem geçmişlerinin analiz edilmesi sayesinde bankalar müşterilere ilgi alanlarına ve ihtiyaçlarına uygun ürün, hizmet ve kampanya önerileri sunabilmektedir. Bu durum yalnızca müşteri memnuniyetini artırmamakta, aynı zamanda müşteri ile banka arasındaki ilişkinin güçlenmesine de katkı sağlamaktadır.

Yapay zekâ uygulamalarının bir diğer avantajı ise tahmine dayalı analiz yetenekleridir. Gelişmiş algoritmalar sayesinde müşterilerin karşılaşabileceği olası sorunlar önceden

belirlenebilmekte ve bu sorunlar ortaya çıkmadan çözüm üretilmesi mümkün olabilmektedir. Örneğin olağan dışı işlem hareketlerinin tespit edilmesi, güvenlik risklerinin belirlenmesi veya müşterilerin ihtiyaç duyabileceği finansal ürünlerin önceden önerilmesi bu kapsamda değerlendirilebilmektedir.

Bu yönüyle yapay zekâ teknolojileri, yalnızca müşteri taleplerine yanıt veren sistemler olmaktan çıkmakta; müşteri ihtiyaçlarını öngörebilen ve deneyimi proaktif biçimde yöneten araçlar hâline gelmektedir. Böylece bankacılık sektöründe müşteri yolculuğunda karşılaşılan sürtünmeler azaltılmakta ve daha hızlı, kişiselleştirilmiş ve kesintisiz hizmet deneyimleri oluşturulabilmektedir.

Tablo 2. Bankacılık Sektöründe Sürtünmesiz Müşteri Deneyimi Uygulamaları

Uygulama	Sağladığı Fayda
Mobil Bankacılık	Zaman ve mekân bağımsız işlem
Self-Servis Hizmetler	Şubeye bağımlılığın azalması
Chatbotlar ve Dijital Asistanlar	Hızlı müşteri desteği
Biyometrik Doğrulama	Güvenli ve hızlı erişim
Açık Bankacılık	Entegre finansal hizmet deneyimi

Kaynak: *Yazar tarafından oluşturulmuştur.*

Tablo 2'de bankacılık sektöründe sürtünmesiz müşteri deneyiminin oluşturulmasına katkı sağlayan temel dijital uygulamalar ve bu uygulamaların müşterilere sunduğu faydalar özetlenmektedir. Mobil bankacılık, self-servis hizmetler, chatbotlar, biyometrik doğrulama sistemleri ve açık bankacılık uygulamaları; müşteri yolculuğunda karşılaşılan zaman kaybı, işlem karmaşıklığı ve erişim zorlukları gibi sürtünme noktalarının azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Bu uygulamalar sayesinde müşteriler işlemlerini daha hızlı, kolay ve güvenli biçimde gerçekleştirebilmekte, bankalar ise müşteri memnuniyetini artırırken operasyonel etkinliklerini geliştirebilmektedir. Bu durum, dijital teknolojilerin bankacılık sektöründe sürtünmesiz müşteri deneyiminin oluşturulmasındaki stratejik önemini ortaya koymaktadır.

6.4. Açık Bankacılık ve Gelecek Eğilimleri

Son yıllarda bankacılık sektöründe öne çıkan yeniliklerden biri açık bankacılık uygulamalarıdır. Açık bankacılık, müşterilerin finansal verilerinin belirli güvenlik ve yetkilendirme standartları çerçevesinde farklı finansal hizmet sağlayıcılarıyla paylaşılabilmesine olanak tanımaktadır. Bu yaklaşım sayesinde müşteriler farklı finansal hizmetleri tek bir platform üzerinden yönetebilmekte, bankacılık işlemlerini daha kolay gerçekleştirebilmekte ve daha bütünleşik bir finansal deneyim yaşayabilmektedir. Dijital dönüşümün müşteri odaklı hizmet anlayışını güçlendirmesiyle birlikte açık bankacılık

uygulamalarının da bankacılık sektöründe giderek daha fazla önem kazandığı görülmektedir (Verhoef vd., 2021).

Açık bankacılık sistemlerinin yaygınlaşması, müşterilere sunulan hizmetlerin daha kişiselleştirilmiş hâle gelmesine katkı sağlamaktadır. Yapay zekâ ve büyük veri analitiğinin açık bankacılık uygulamalarıyla bütünleşmesi, müşterilerin finansal davranışlarının daha ayrıntılı biçimde analiz edilmesine ve ihtiyaçlarının daha doğru belirlenmesine olanak tanımaktadır. Böylece müşterilere ihtiyaç duydukları ürün ve hizmetlerin doğru zamanda sunulması mümkün hâle gelmektedir. Veri temelli karar alma süreçlerinin dijital dönüşümün temel unsurlarından biri olduğu dikkate alındığında, açık bankacılığın müşteri deneyimini geliştiren önemli bir araç olduğu söylenebilir (Bharadwaj vd., 2013; Verhoef vd., 2021).

Bankacılık sektöründe geleceğe yönelik eğilimler incelendiğinde, sürtünmesiz müşteri deneyiminin daha ileri bir seviyeye taşınmasının hedeflendiği görülmektedir. Üretken yapay zekâ uygulamaları, sesli bankacılık sistemleri, hiper kişiselleştirme çözümleri ve tahmine dayalı müşteri hizmetleri uygulamalarının müşteri deneyimini yeniden şekillendirmesi beklenmektedir. Dijital dönüşüm literatürü, yapay zekâ ve veri analitiği gibi teknolojilerin müşteri ihtiyaçlarını öngörebilen ve daha kişiselleştirilmiş hizmetler sunabilen sistemlerin gelişimini desteklediğini ortaya koymaktadır (Vial, 2019; Verhoef vd., 2021).

Bu gelişmeler, bankacılık hizmetlerinin daha entegre, daha erişilebilir ve daha müşteri odaklı bir yapıya dönüşeceğini göstermektedir. Dijital teknolojilerin sağladığı olanaklar sayesinde müşteriler finansal hizmetlere daha hızlı ulaşabilecek, işlemlerini daha az çaba ile gerçekleştirebilecek ve farklı kanallar arasında daha tutarlı bir deneyim yaşayabilecektir. Bu yönüyle açık bankacılık, yapay zekâ ve gelişmiş veri analitiği uygulamaları, bankacılık sektöründe sürtünmesiz müşteri deneyiminin geleceğini şekillendiren temel unsurlar arasında yer almaktadır.

7. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME

Dijital dönüşüm ve sürtünmesiz müşteri deneyimi arasındaki ilişki incelendiğinde, teknolojik gelişmelerin müşteri beklentilerini önemli ölçüde değiştirdiği görülmektedir. Günümüzde müşteriler yalnızca kaliteli ürün ve hizmetlere değil, aynı zamanda hızlı, kolay ve kesintisiz deneyimlere de önem vermektedir. Bu durum işletmeleri müşteri yolculuğundaki sürtünmeleri azaltmaya ve müşteri deneyimini yeniden tasarlamaya yöneltmektedir.

Literatür, dijital dönüşümün işletmelere operasyonel verimlilik, maliyet avantajı ve veri temelli karar alma gibi önemli katkılar sağladığını göstermektedir. Ancak dijital dönüşümün başarısı yalnızca teknoloji yatırımlarına değil, bu teknolojilerin müşteri beklentileri doğrultusunda

tasarlanmasına da bağlıdır. Müşteri odaklı olmayan uygulamalar, deneyimi iyileştirmek yerine yeni karmaşıklıklar yaratabilmektedir.

Sürtünmesiz müşteri deneyiminin temel amacı müşteri çabasını azaltmaktır. Müşterilerin hizmetlere kolay erişebilmesi, işlemlerini hızlı biçimde tamamlayabilmesi ve sorunlarına kısa sürede çözüm bulabilmesi müşteri memnuniyeti açısından kritik önem taşımaktadır. Bu nedenle müşteri yolculuğunun sadeleştirilmesi, dijital dönüşüm stratejilerinin temel hedeflerinden biri hâline gelmiştir.

Bankacılık sektöründe mobil bankacılık, dijital müşteri edinimi, chatbotlar ve açık bankacılık uygulamaları sürtünmesiz deneyimin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte veri güvenliği, gizlilik ve siber güvenlik riskleri gibi konuların dikkate alınması gerekmektedir. Ayrıca müşteri deneyiminin tamamen otomasyona dayandırılması her zaman yeterli olmayabilir. Özellikle karmaşık işlemlerde insan desteği önemini korumaktadır. Bu nedenle gelecekte teknoloji ile insan etkileşimini dengeleyen hibrit hizmet modellerinin yaygınlaşması beklenmektedir.

Sonuç olarak dijital dönüşüm, sürtünmesiz müşteri deneyiminin oluşturulmasında gerekli altyapıyı sağlarken, sürdürülebilir başarı müşteri ihtiyaçlarının doğru anlaşılmasına ve teknolojilerin bu doğrultuda kullanılmasına bağlıdır. İşletmelerin müşteri yolculuğundaki sürtünme noktalarını belirleyerek dijital çözümler geliştirmeleri rekabet avantajı açısından önem taşımaktadır.

8. SONUÇ

Dijital dönüşüm, işletmelerin iş modellerini, süreçlerini ve müşteri ilişkilerini yeniden şekillendiren stratejik bir dönüşüm sürecidir. Dijital teknolojilerdeki gelişmeler müşteri beklentilerini değiştirmiş, hızlı, kolay ve kesintisiz hizmet sunumu müşteri deneyiminin temel unsurlarından biri hâline gelmiştir. Bu durum işletmeleri müşteri odaklı dijital stratejiler geliştirmeye yöneltmiştir.

Bu çalışma kapsamında dijital dönüşüm ve sürtünmesiz müşteri deneyimi kavramları teorik açıdan incelenmiş, müşteri yolculuğunda ortaya çıkan sürtünme noktaları değerlendirilmiş ve bu sürtünmelerin azaltılmasında dijital teknolojilerin rolü ele alınmıştır. Yapılan inceleme sonucunda dijital dönüşüm ile sürtünmesiz müşteri deneyimi arasında güçlü bir ilişki bulunduğu belirlenmiştir. Yapay zekâ, büyük veri analitiği, self-servis teknolojiler ve omnikanal hizmet uygulamaları müşteri deneyiminin iyileştirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır.

Bankacılık sektörü, dijital dönüşümün müşteri deneyimine etkilerinin en belirgin şekilde gözlemlendiği alanlardan biridir. Mobil bankacılık, yapay zekâ destekli müşteri hizmetleri ve açık bankacılık uygulamaları müşterilere daha hızlı ve erişilebilir hizmet sunarken, kurumların operasyonel verimlilik ve rekabet avantajı elde etmelerine katkı sağlamaktadır.

Bununla birlikte sürtünmesiz müşteri deneyiminin yalnızca teknoloji yatırımlarıyla değil, müşteri ihtiyaçlarının doğru analiz edilmesi ve teknolojilerin müşteri odaklı biçimde tasarlanmasıyla mümkün olduğu görülmektedir. Gelecekte yapay zekâ, büyük veri analitiği ve kişiselleştirilmiş hizmet uygulamalarındaki gelişmelerin sürtünmesiz müşteri deneyimini daha da geliştirmesi beklenmektedir. Bu nedenle işletmelerin dijital dönüşüm stratejilerini müşteri deneyimi perspektifiyle ele almaları kritik önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Berman, S. J. (2012). Digital transformation: Opportunities to create new business models. *Strategy & Leadership, 40*(2), 16–24. https://doi.org/10.1108/10878571211209314

Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. (2013). Digital business strategy: Toward a next generation of insights. *MIS Quarterly, 37*(2), 471–482. https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37:2.3

Davenport, T. H., Guha, A., Grewal, D., & Bressgott, T. (2020). *How artificial intelligence will change the future of marketing*. Journal of the Academy of Marketing Science, 48(1), 24–42. https://doi.org/10.1007/s11747-019-00696-0

Dixon, M., Freeman, K., & Toman, N. (2010). Stop trying to delight your customers. *Harvard Business Review, 88*(7–8), 116–122.

Edelman, D. C., & Singer, M. (2015). Competing on customer journeys. *Harvard Business Review, 93*(11), 88–100.

Hess, T., Matt, C., Benlian, A., & Wiesböck, F. (2016). Options for formulating a digital transformation strategy. *MIS Quarterly Executive, 15*(2), 123–139.

Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). *Strategy, not technology, drives digital transformation: Becoming a digitally mature enterprise*. MIT Sloan Management Review and Deloitte University Press.

Klaus, P., & Maklan, S. (2013). *Towards a better measure of customer experience*. International Journal of Market Research, 55(2), 227–246. https://doi.org/10.2501/IJMR-2013-021

Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (2016). Understanding customer experience throughout the customer journey. *Journal of Marketing, 80*(6), 69–96. https://doi.org/10.1509/jm.15.0420

Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering, 57*(5), 339–343. https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5

Mbama, C. I., Ezepue, P. O., Alboul, L., & Beer, M. (2018). Digital banking, customer experience and financial performance: UK bank managers' perceptions. *Journal of Research in Interactive Marketing, 12*(4), 432–451. https://doi.org/10.1108/JRIM-01-2018-0026

Meuter, M. L., Ostrom, A. L., Roundtree, R. I., & Bitner, M. J. (2000). Self-service technologies: Understanding customer satisfaction with technology-based service encounters. *Journal of Marketing, 64*(3), 50–64. https://doi.org/10.1509/JMKG.64.3.50.18024

Rawson, A., Duncan, E., & Jones, C. (2013). The truth about customer experience. *Harvard Business Review, 91*(9), 90–98.

Reis, J., Amorim, M., Melão, N., & Matos, P. (2018). Digital transformation: A literature review and guidelines for future research. In Á. Rocha, H. Adeli, L. P. Reis, & S. Costanzo (Eds.), *Trends and Advances in Information Systems and Technologies* (pp. 411–421). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77703-0_41

Rose, S., Hair, N., & Clark, M. (2011). *Online customer experience: A review of the business-to-consumer online purchase context*. International Journal of Management Reviews, 13(1), 24–39. https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2010.00280.x

Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research, 122*, 889–901. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022

Verhoef, P. C., Kannan, P. K., & Inman, J. J. (2015). *From multi-channel retailing to omni-channel retailing: Introduction to the special issue on multi-channel retailing*. Journal of Retailing, 91(2), 174–181. https://doi.org/10.1016/j.jretai.2015.02.005

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems, 28*(2), 118–144. https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003

Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading digital: Turning technology into business transformation*. Harvard Business Review Press.

YAPAY ZEKÂ VE PAZARLAMA İNOVASYONU: TEORİK BİR İNCELEME

Prof. Dr. Filiz ASLAN ÇETİN
Kafkas Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Kars
ORCID ID: 0000-0002-8210-799X.

ÖZET

Dijitalleşme, büyük veri analitiği ve otomasyon teknolojilerindeki gelişmeler, işletmelerin pazarlama faaliyetlerini dönüştürmüş ve müşteri odaklı stratejilerin önemini artırmıştır. Bu dönüşümün merkezinde yer alan yapay zekâ, işletmelere müşteri verilerini analiz etme, tüketici davranışlarını öngörme ve kişiselleştirilmiş pazarlama uygulamaları geliştirme imkânı sunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, yapay zekâ ile pazarlama inovasyonu arasındaki ilişkiyi teorik bir çerçevede incelemektir. Araştırmada ulusal ve uluslararası literatür taranmış, yapay zekânın pazarlama inovasyonuna katkıları kavramsal olarak değerlendirilmiştir. Bulgular, yapay zekâ uygulamalarının müşteri içgörülerinin elde edilmesi, pazar eğilimlerinin tahmin edilmesi, müşteri ilişkileri yönetiminin geliştirilmesi ve pazarlama iletişiminin etkinliğinin artırılması gibi alanlarda önemli avantajlar sağladığını göstermektedir. Ayrıca chatbotlar, öneri sistemleri, dinamik fiyatlandırma uygulamaları ve üretken yapay zekâ araçlarının pazarlama inovasyonunun önemli bileşenleri olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte veri gizliliği, algoritmik önyargılar ve etik sorunlar gibi riskler de bulunmaktadır. Sonuç olarak yapay zekâ, pazarlama inovasyonunu destekleyen ve işletmelerin rekabet avantajı elde etmesine katkı sağlayan stratejik bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir. Gelecekte yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşmasıyla pazarlama faaliyetlerinin daha veri temelli, öngörülebilir ve kişiselleştirilmiş bir yapıya dönüşeceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Pazarlama İnovasyonu, Dijital Pazarlama, Müşteri Deneyimi, Veri Odaklı Pazarlama, Rekabet Avantajı

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MARKETING INNOVATION: A THEORETICAL REVIEW

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) has become a strategic technology that transforms marketing activities in the digital era. By enabling organizations to analyze large volumes of customer data, AI supports consumer behavior prediction, customer insight generation, and personalized marketing practices. This study examines the relationship between artificial intelligence and marketing innovation from a theoretical perspective through a review of national and international literature. The findings indicate that AI contributes to marketing innovation through customer analytics, recommendation systems, dynamic pricing, automated communication tools, and generative AI applications. These technologies help organizations

improve customer experiences, enhance marketing effectiveness, and strengthen competitive advantage. However, issues such as data privacy, algorithmic bias, transparency, and ethical responsibility remain important challenges. The study concludes that AI is a key enabler of marketing innovation and will continue to shape future marketing strategies. As AI technologies advance, marketing activities are expected to become increasingly data-driven, predictive, interactive, and personalized.

Keywords: Artificial Intelligence, Marketing Innovation, Customer Analytics, Personalization, Data-Driven Marketing, Competitive Advantage

1. GİRİŞ

Küreselleşme, teknolojik gelişmeler ve dijitalleşme, işletmelerin faaliyet gösterdiği çevreyi önemli ölçüde dönüştürmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler, tüketici davranışlarını değiştirirken pazarlama faaliyetlerinin de yeniden yapılandırılmasına yol açmıştır. İnternet kullanımının yaygınlaşması, mobil teknolojilerin gelişmesi ve dijital platformların tüketici karar süreçlerindeki etkisinin artması, geleneksel pazarlama anlayışından veri temelli ve dijital pazarlama yaklaşımlarına geçişi hızlandırmıştır.

Bu dönüşüm sürecinde büyük veri analitiği, bulut bilişim, nesnelerin interneti ve otomasyon teknolojileri pazarlama faaliyetlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Söz konusu teknolojiler arasında yapay zekâ, veri işleme, öğrenme ve tahmin yetenekleri sayesinde öne çıkmaktadır. Yapay zekâ sistemleri, müşteri davranışlarının analiz edilmesine, satın alma eğilimlerinin öngörülmesine ve pazarlama kararlarının daha etkin biçimde alınmasına katkı sağlamaktadır.

Yapay zekânın pazarlama alanındaki kullanım alanları müşteri ilişkileri yönetiminden içerik üretimine, fiyatlandırma stratejilerinden kişiselleştirilmiş öneri sistemlerine kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Özellikle makine öğrenmesi, doğal dil işleme ve üretken yapay zekâ uygulamaları, pazarlama süreçlerinde yenilikçiliği destekleyen önemli araçlar hâline gelmiştir. Bu durum, yapay zekânın yalnızca operasyonel süreçleri destekleyen bir teknoloji değil, aynı zamanda pazarlama inovasyonunu şekillendiren stratejik bir unsur olduğunu göstermektedir.

Pazarlama inovasyonu, işletmelerin müşterilerine sundukları değeri artırmak amacıyla yeni yöntemler, süreçler ve uygulamalar geliştirmesini ifade etmektedir. Değişen müşteri beklentileri ve yoğun rekabet koşulları, işletmeleri yenilikçi çözümler geliştirmeye yöneltmektedir. Yapay zekâ teknolojileri de müşteri içgörülerinin elde edilmesi, kişiselleştirilmiş değer önerilerinin geliştirilmesi ve pazarlama performansının artırılması açısından önemli fırsatlar sunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, yapay zekâ ile pazarlama inovasyonu arasındaki ilişkiyi teorik bir perspektiften incelemek ve yapay zekâ teknolojilerinin pazarlama faaliyetlerinde yarattığı dönüşümü değerlendirmektir. Bu kapsamda öncelikle yapay zekâ ve pazarlama inovasyonu kavramları ele alınmakta, ardından yapay zekâ destekli uygulamaların pazarlama süreçlerine etkileri incelenmekte ve ortaya çıkan fırsatlar ile temel sorunlar değerlendirilmektedir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Yapay Zekâ Kavramı

Yapay zekâ, insan zekâsına özgü öğrenme, akıl yürütme, problem çözme ve karar verme gibi bilişsel süreçlerin bilgisayar sistemleri tarafından gerçekleştirilebilmesini sağlayan teknolojiler bütünü olarak tanımlanmaktadır (Russell & Norvig, 2021). Günümüzde yapay zekâ yalnızca bilgisayar bilimlerinin değil, aynı zamanda işletme, ekonomi, sağlık, eğitim ve pazarlama gibi farklı disiplinlerin de temel araştırma konularından biri hâline gelmiştir. Özellikle dijitalleşmenin hız kazandığı günümüz iş dünyasında yapay zekâ, verilerin işlenmesi, anlamlandırılması ve stratejik kararlara dönüştürülmesinde kritik bir rol üstlenmektedir. Bu nedenle yapay zekâ, işletmeler açısından yalnızca teknolojik bir yatırım değil, aynı zamanda rekabet avantajı sağlayan stratejik bir kaynak olarak değerlendirilmektedir (Kaplan & Haenlein, 2019).

Yapay zekâ kavramının tarihsel gelişimi incelendiğinde alanın temellerinin 1950'li yıllara dayandığı görülmektedir. Alan Turing'in makinelerin düşünebilme kapasitesini ele aldığı çalışmaları, yapay zekâ araştırmalarının başlangıç noktası olarak kabul edilmektedir (Turing, 1950). Daha sonra 1956 yılında Dartmouth Konferansı'nda John McCarthy tarafından ilk kez "Artificial Intelligence" kavramının kullanılmasıyla birlikte yapay zekâ bağımsız bir bilim dalı olarak gelişmeye başlamıştır (McCarthy vd., 2006). İlk yıllarda geliştirilen sistemler daha çok önceden belirlenen kurallara göre çalışan programlardan oluşurken zaman içerisinde bilgisayar teknolojilerindeki ilerlemeler ve veri miktarındaki artış yapay zekânın gelişimini hızlandırmıştır. Özellikle 2000'li yıllardan sonra büyük veri teknolojileri, yüksek işlem gücü ve gelişmiş algoritmalar sayesinde yapay zekâ günlük yaşamın ve iş dünyasının önemli bir parçası hâline gelmiştir.

Yapay zekânın gelişim süreci Şekil 1'de özetlenmektedir.

Kaynak: *Russell ve Norvig (2021), Goodfellow vd. (2016) ve Dwivedi vd. (2023)'den yararlanılarak hazırlanmıştır.*

Şekil 1 incelendiğinde yapay zekâ teknolojilerinin kural tabanlı sistemlerden öğrenebilen ve içerik üretebilen sistemlere doğru evrim geçirdiği görülmektedir. Bu değişim, yapay zekânın yalnızca belirli görevleri yerine getiren bir araç olmaktan çıkarak karar alma süreçlerine katkı sağlayan akıllı sistemlere dönüşmesini mümkün kılmıştır.

Yapay zekâ uygulamalarının günümüzdeki başarısının temelinde makine öğrenmesi yer almaktadır. Makine öğrenmesi, bilgisayar sistemlerinin açık biçimde programlanmadan verilerden öğrenebilmesini sağlayan algoritmalar bütünüdür (Mitchell, 1997). Sistemler geçmiş deneyimlerden elde ettikleri bilgileri kullanarak gelecekteki durumlara ilişkin tahminler üretebilmekte ve böylece performanslarını sürekli geliştirebilmektedir. Özellikle müşteri davranışlarının analizi, talep tahminleri, tavsiye sistemleri ve pazar segmentasyonu gibi uygulamalar makine öğrenmesinin işletmeler tarafından en yoğun kullanıldığı alanlar arasında yer almaktadır.

Makine öğrenmesinin daha gelişmiş bir alt alanı olan derin öğrenme ise çok katmanlı yapay sinir ağları kullanılarak karmaşık verilerin işlenmesini mümkün kılmaktadır. İnsan beyninin çalışma prensibinden esinlenerek geliştirilen bu modeller, büyük veri setleri üzerinde yüksek doğruluk oranlarıyla sonuç üretebilmektedir (Goodfellow, Bengio & Courville, 2016). Derin öğrenme sayesinde görüntü tanıma, ses işleme, yüz tanıma ve doğal dil işleme gibi alanlarda önemli ilerlemeler kaydedilmiş, yapay zekâ uygulamalarının kullanım alanı büyük ölçüde genişlemiştir.

Kaynak: *Yazar tarafından oluşturulmuştur.*

Şekil 2'de görüldüğü üzere derin öğrenme, makine öğrenmesinin bir alt dalını oluştururken üretken yapay zekâ çeşitli yapay zekâ tekniklerinin bir araya gelmesiyle ortaya çıkan gelişmiş uygulamaları kapsamaktadır. Özellikle son yıllarda üretken yapay zekâ sistemlerinin yaygınlaşması, yapay zekâ araştırmalarında yeni bir dönemin başlangıcı olarak değerlendirilmektedir.

Üretken yapay zekâ, mevcut verilerden öğrenerek yeni ve özgün içerikler üretebilen sistemleri ifade etmektedir (Dwivedi vd., 2023). Büyük dil modellerinin geliştirilmesiyle birlikte metin, görsel, video, ses ve yazılım kodu üretimi mümkün hâle gelmiş; böylece yapay zekânın kullanım alanları önemli ölçüde genişlemiştir. Pazarlama açısından değerlendirildiğinde ise üretken yapay zekâ, reklam içeriklerinin hazırlanması, sosyal medya yönetimi, müşteri iletişim süreçlerinin geliştirilmesi ve kişiselleştirilmiş içeriklerin oluşturulması gibi birçok alanda yenilikçi fırsatlar sunmaktadır. Bu nedenle üretken yapay zekâ teknolojileri, günümüzde yapay zekânın en hızlı büyüyen ve en fazla yatırım alan çalışma alanlarından biri olarak dikkat çekmektedir (Huang & Rust, 2021).

2.2. Pazarlama İnovasyonu Kavramı

Günümüzde işletmeler yalnızca kaliteli ürün ve hizmet sunarak rekabet avantajı elde edememekte, aynı zamanda müşterilere farklı ve özgün değer önerileri sunabilmek için pazarlama faaliyetlerinde yenilikçi uygulamalara yönelmektedir. Bu noktada pazarlama inovasyonu, işletmelerin müşterileriyle kurdukları ilişkileri, ürün ve hizmetlerini sunma biçimlerini, fiyatlandırma politikalarını, dağıtım kanallarını ve iletişim faaliyetlerini yenilemeleri olarak ifade edilmektedir. Giderek yoğunlaşan rekabet ortamı ve hızla değişen tüketici beklentileri, pazarlama inovasyonunu işletmeler açısından stratejik bir gereklilik haline getirmektedir (OECD & Eurostat, 2018).

İnovasyon kavramının sistematik biçimde ele alınmasında en önemli referans kaynaklarından biri OECD ve Eurostat tarafından hazırlanan Oslo Kılavuzu'dur (Oslo Manual). Oslo Kılavuzu'na göre inovasyon, yeni veya önemli ölçüde geliştirilmiş bir ürün, hizmet, süreç ya da iş uygulamasının kullanıma sunulması olarak tanımlanmaktadır (OECD & Eurostat, 2018). Bu çerçevede pazarlama inovasyonu ise ürün tasarımı, ambalajlama, konumlandırma, fiyatlandırma, tutundurma ve dağıtım faaliyetlerinde gerçekleştirilen yenilikleri kapsamaktadır. Dolayısıyla pazarlama inovasyonu yalnızca yeni pazarlama araçlarının kullanılmasını değil, aynı zamanda müşteri değeri yaratma anlayışının yeniden yapılandırılmasını da içermektedir.

Oslo Kılavuzu'nda inovasyon faaliyetleri genel olarak ürün inovasyonu, süreç inovasyonu, organizasyonel inovasyon ve pazarlama inovasyonu olmak üzere dört temel kategori altında ele alınmaktadır. Ürün inovasyonu yeni veya geliştirilmiş ürün ve hizmetlerin ortaya çıkarılmasına odaklanırken, süreç inovasyonu üretim ve hizmet süreçlerinin iyileştirilmesini ifade etmektedir. Organizasyonel inovasyon işletmenin yönetim yapısında ve iş süreçlerinde gerçekleştirilen yenilikleri kapsamaktadır. Pazarlama inovasyonu ise işletmelerin müşterilere sundukları değeri farklılaştırmalarını, müşteri deneyimini geliştirmelerini ve pazar performanslarını artırmalarını sağlayan yenilikçi uygulamaları ifade etmektedir (Tidd & Bessant, 2021).

Özellikle dijital dönüşüm süreciyle birlikte pazarlama inovasyonunun kapsamı önemli ölçüde genişlemiştir. Dijital platformlar, sosyal medya uygulamaları, veri analitiği araçları ve yapay zekâ destekli sistemler sayesinde işletmeler müşterilerini daha yakından tanıyabilmekte ve onların ihtiyaçlarına uygun çözümler geliştirebilmektedir. Böylece pazarlama faaliyetleri kitlesel iletişim anlayışından uzaklaşarak bireysel müşteri ihtiyaçlarına odaklanan kişiselleştirilmiş bir yapıya dönüşmektedir. Bu dönüşüm, işletmelerin müşterileriyle daha güçlü ilişkiler kurmasına ve marka sadakatini artırmasına katkı sağlamaktadır (Kotler, Kartajaya & Setiawan, 2021).

Pazarlama inovasyonu işletmeler açısından yalnızca satışları artıran bir unsur değil, aynı zamanda sürdürülebilir rekabet avantajının önemli kaynaklarından biridir. Yenilikçi pazarlama uygulamaları sayesinde işletmeler tüketici ihtiyaçlarını daha hızlı belirleyebilmekte, rakiplerinden farklılaşabilmekte ve değişen pazar koşullarına daha etkili şekilde uyum sağlayabilmektedir. Ayrıca pazarlama inovasyonu müşteri memnuniyetinin artırılması, marka değerinin güçlendirilmesi, yeni müşteri kazanımı ve uzun dönemli işletme performansının yükseltilmesi açısından da önemli katkılar sunmaktadır (Trott, 2021). Bu nedenle günümüz

işletmeleri için pazarlama inovasyonu, yalnızca bir pazarlama faaliyeti değil, kurumsal büyümeyi ve sürdürülebilir başarıyı destekleyen stratejik bir yönetim yaklaşımı olarak değerlendirilmektedir.

Pazarlama inovasyonunun genel inovasyon sistemi içerisindeki konumu ve işletmelere sağladığı temel çıktılar Şekil 3'te gösterilmektedir.

Kaynak: *OECD ve Eurostat (2018) ile Kotler, Kartajaya ve Setiawan (2021)'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.*

Şekil 3 incelendiğinde pazarlama inovasyonunun diğer inovasyon türleriyle etkileşim içerisinde olduğu görülmektedir. Ürün, süreç ve organizasyonel inovasyonlardan elde edilen çıktıların pazarlama inovasyonu aracılığıyla müşteriye ulaştırılması mümkün olmaktadır. Bu nedenle pazarlama inovasyonu, işletmenin sahip olduğu yenilikçi kapasitenin pazarda somut değere dönüştürülmesinde kritik bir rol üstlenmektedir. Özellikle dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte veri odaklı pazarlama uygulamalarının gelişmesi ve yapay zekâ teknolojilerinin pazarlama süreçlerine entegre edilmesi, pazarlama inovasyonunun stratejik önemini daha da artırmaktadır. Bu bağlamda yapay zekâ, pazarlama inovasyonunun geliştirilmesinde ve işletmelerin müşteri odaklı rekabet avantajı elde etmesinde önemli bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır.

3. YAPAY ZEKÂ VE PAZARLAMA İLİŞKISI

3.1. Veri Temelli Karar Verme

Dijitalleşmenin hız kazanmasıyla birlikte işletmelerin karşı karşıya kaldığı veri miktarı önemli ölçüde artmış ve bu durum pazarlama kararlarının alınma biçimini değiştirmiştir. Geleneksel pazarlama anlayışında kararlar çoğunlukla yöneticilerin deneyimlerine, sezgilerine ve sınırlı pazar araştırmalarından elde edilen verilere dayanırken, günümüzde karar alma süreçleri

giderek daha fazla veri odaklı hale gelmektedir. Veri temelli karar verme yaklaşımı, işletmelerin farklı kaynaklardan elde ettikleri verileri sistematik biçimde analiz ederek daha doğru, hızlı ve etkili kararlar almalarını ifade etmektedir (Davenport & Harris, 2017).

Pazarlama alanında veri temelli karar verme uygulamalarının yaygınlaşmasında yapay zekâ teknolojileri önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde müşteriler dijital platformlar üzerinden arama yapmakta, ürün incelemekte, satın alma gerçekleştirmekte ve sosyal medya aracılığıyla markalarla etkileşim kurmaktadır. Bu süreçlerin her biri işletmeler için değerli veri kaynakları oluşturmaktadır. Ancak söz konusu verilerin hacmi ve çeşitliliği, geleneksel analiz yöntemleriyle anlamlandırılmasını zorlaştırmaktadır. Yapay zekâ destekli sistemler ise büyük veri kümelerini kısa sürede işleyerek işletmelerin karar alma süreçlerinde kullanabilecekleri anlamlı içgörüler elde etmelerini sağlamaktadır (Davenport, Guha, Grewal & Bressgott, 2020). Veri temelli karar verme yaklaşımı sayesinde işletmeler müşterilerinin ihtiyaçlarını daha iyi anlayabilmekte, pazardaki değişimleri daha erken fark edebilmekte ve pazarlama faaliyetlerini daha etkili biçimde planlayabilmektedir. Örneğin müşteri satın alma geçmişlerinin analiz edilmesi, hangi ürünlerin birlikte satın alındığını belirlemeye yardımcı olurken; internet sitesi ziyaretleri, sosyal medya etkileşimleri ve müşteri geri bildirimleri gibi veriler tüketici tercihleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Yapay zekâ algoritmaları bu veriler arasındaki ilişkileri tespit ederek işletmelere stratejik karar süreçlerinde destek sağlamaktadır (Wedel & Kannan, 2016).

Veri temelli karar verme aynı zamanda pazarlama faaliyetlerinin performansının ölçülmesine de katkı sağlamaktadır. Geleneksel pazarlama uygulamalarında kampanyaların başarısını değerlendirmek çoğu zaman zor ve maliyetli olurken, yapay zekâ destekli analiz sistemleri sayesinde reklam performansları, müşteri dönüşüm oranları ve yatırım getirileri anlık olarak izlenebilmektedir. Böylece işletmeler kaynaklarını daha verimli kullanabilmekte ve pazarlama bütçelerini daha etkili alanlara yönlendirebilmektedir (Shankar, 2018).

Bununla birlikte veri temelli karar verme yalnızca mevcut durumun analiz edilmesini değil, geleceğe yönelik stratejilerin oluşturulmasını da desteklemektedir. Yapay zekâ sistemleri geçmiş verilerden öğrenerek gelecekte ortaya çıkabilecek eğilimleri tahmin edebilmekte ve yöneticilere karar sürecinde önemli avantajlar sunabilmektedir. Bu sayede işletmeler değişen müşteri ihtiyaçlarına daha hızlı uyum sağlayabilmekte, rekabet avantajı elde edebilmekte ve pazarlama inovasyonuna yönelik daha etkili stratejiler geliştirebilmektedir (Huang & Rust, 2021).

Kaynak: *Davenport ve Harris (2017), Wedel ve Kannan (2016) ile Huang ve Rust (2021)'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.*

Şekil 4 incelendiğinde veri temelli karar verme sürecinin farklı veri kaynaklarından elde edilen bilgilerin yapay zekâ teknolojileri aracılığıyla analiz edilmesine dayandığı görülmektedir. Yapay zekâ sistemleri verileri anlamlı içgörülere dönüştürerek yöneticilerin daha bilinçli kararlar almasına katkı sağlamakta ve pazarlama faaliyetlerinin etkinliğini artırmaktadır. Bu nedenle veri temelli karar verme yaklaşımı, günümüzde yapay zekâ ile pazarlama arasındaki ilişkinin en önemli bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir.

3.2. Tüketici Davranışlarının Analizi

Pazarlama faaliyetlerinin başarısı büyük ölçüde tüketicilerin ihtiyaçlarının, beklentilerinin ve satın alma davranışlarının doğru şekilde anlaşılmasına bağlıdır. Tüketici davranışlarının analiz edilmesi, işletmelerin hedef kitlelerini daha yakından tanımalarına, müşteri beklentilerini daha doğru yorumlamalarına ve buna uygun pazarlama stratejileri geliştirmelerine olanak sağlamaktadır. Geleneksel pazarlama araştırmaları anket, görüşme ve gözlem gibi yöntemlerle tüketici davranışlarını incelemeye odaklanırken, dijitalleşmeyle birlikte ortaya çıkan büyük hacimli veriler daha gelişmiş analiz yöntemlerini gerekli kılmıştır (Lemon & Verhoef, 2016).

Yapay zekâ teknolojileri, tüketici davranışlarının analiz edilmesinde işletmelere önemli avantajlar sunmaktadır. Günümüzde tüketiciler internet sitelerini ziyaret etmekte, sosyal medya platformlarında içerik paylaşmakta, çevrimiçi alışveriş yapmakta ve dijital uygulamalarla sürekli etkileşim kurmaktadır. Bu faaliyetlerin her biri tüketicilere ilişkin değerli veri kaynakları oluşturmaktadır. Yapay zekâ destekli sistemler ise bu verileri analiz ederek tüketicilerin ilgi alanlarını, tercihlerini ve satın alma eğilimlerini belirleyebilmektedir. Böylece işletmeler müşterilerini yalnızca demografik özelliklerine göre değil, davranışsal özelliklerine göre de sınıflandırabilmektedir (Wedel & Kannan, 2016).

Makine öğrenmesi algoritmaları, tüketicilerin geçmiş davranışlarından hareketle gelecekteki tercihlerini öngörebilmektedir. Örneğin bir müşterinin daha önceki satın alma kayıtları, ürün incelemeleri ve çevrimiçi etkileşimleri analiz edilerek hangi ürün veya hizmetlere ilgi duyabileceği tahmin edilebilmektedir. Bu sayede işletmeler müşterilerine kişiselleştirilmiş ürün önerileri sunabilmekte ve pazarlama faaliyetlerinin etkinliğini artırabilmektedir. Amazon, Netflix ve Spotify gibi dijital platformlar, yapay zekâ destekli öneri sistemlerini kullanarak kullanıcı deneyimini geliştiren ve müşteri memnuniyetini artıran başarılı uygulamalara örnek olarak gösterilmektedir (Huang & Rust, 2021).

Tüketici davranışlarının analizinde sosyal medya verileri de önemli bir yere sahiptir. Tüketicilerin sosyal medya platformlarında paylaştıkları yorumlar, değerlendirmeler ve geri bildirimler, işletmeler açısından değerli içgörüler sunmaktadır. Doğal dil işleme teknolojileri sayesinde milyonlarca sosyal medya paylaşımı kısa sürede analiz edilebilmekte ve tüketicilerin belirli ürünlere, markalara veya kampanyalara ilişkin tutumları ortaya çıkarılabilmektedir. Bu durum işletmelerin müşteri beklentilerini daha iyi anlamalarına ve pazarlama stratejilerini buna göre şekillendirmelerine katkı sağlamaktadır (Davenport, Guha, Grewal & Bressgott, 2020).

Yapay zekâ teknolojileri yalnızca mevcut tüketici davranışlarını analiz etmekle kalmamakta, aynı zamanda müşteri yolculuğunun farklı aşamalarında ortaya çıkabilecek davranış değişimlerini de öngörebilmektedir. Tüketicilerin ürün arama sürecinden satın alma kararına ve satın alma sonrasındaki davranışlarına kadar birçok aşama yapay zekâ destekli sistemler aracılığıyla takip edilebilmektedir. Böylece işletmeler müşteri deneyimini bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirebilmekte ve müşteri memnuniyetini artıracak uygulamalar geliştirebilmektedir (Lemon & Verhoef, 2016).

Şekil 5. Yapay Zekâ Destekli Tüketici Davranışı Analizi Süreci

Kaynak: *Lemon ve Verhoef (2016), Wedel ve Kannan (2016) ile Huang ve Rust (2021)'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.*

Şekil 5 incelendiğinde yapay zekâ teknolojilerinin farklı kaynaklardan elde edilen tüketici verilerini analiz ederek işletmelere kapsamlı müşteri içgörüleri sunduğu görülmektedir. Elde edilen bu içgörüler sayesinde işletmeler tüketicilerin beklentilerini daha doğru anlayabilmekte, pazarlama faaliyetlerini kişiselleştirebilmekte ve müşteri deneyimini geliştirebilmektedir. Bu nedenle tüketici davranışlarının analizi, yapay zekâ ile pazarlama arasındaki ilişkinin en önemli uygulama alanlarından biri olarak değerlendirilmektedir.

3.3. Büyük Veri ve Yapay Zekâ

Dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte bireyler, işletmeler ve kurumlar tarafından üretilen veri miktarı her geçen gün artmaktadır. Sosyal medya platformları, e-ticaret uygulamaları, mobil cihazlar, müşteri ilişkileri yönetim sistemleri ve nesnelerin interneti teknolojileri, işletmeler için sürekli veri üreten önemli kaynaklar arasında yer almaktadır. Bu durum, geleneksel veri işleme yöntemleriyle analiz edilmesi güç olan büyük ve karmaşık veri kümelerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Literatürde "büyük veri" (big data) olarak ifade edilen bu kavram, yüksek hacimli, hızlı üretilen ve farklı türlerde bulunan verilerin işlenmesini ifade etmektedir (Chen, Chiang & Storey, 2012).

Büyük verinin işletmeler açısından değer yaratabilmesi, söz konusu verilerin anlamlı bilgiye dönüştürülmesine bağlıdır. Ancak milyonlarca veri noktasından oluşan karmaşık veri kümelerinin insan gücüyle analiz edilmesi hem zaman hem de maliyet açısından oldukça zordur. Tam da bu noktada yapay zekâ teknolojileri devreye girmekte ve büyük verinin etkin biçimde işlenmesini mümkün hale getirmektedir. Yapay zekâ algoritmaları, büyük veri kümeleri içerisindeki örüntüleri, ilişkileri ve eğilimleri belirleyerek işletmelere stratejik karar alma süreçlerinde kullanabilecekleri değerli içgörüler sunmaktadır (Mikalef, Boura, Lekakos & Krogstie, 2019).

Büyük veri ve yapay zekâ arasındaki ilişki karşılıklı bir bağımlılık içermektedir. Büyük veri, yapay zekâ modellerinin öğrenebilmesi için gerekli veri altyapısını sağlarken; yapay zekâ ise bu verilerin işlenmesini ve anlamlandırılmasını mümkün kılmaktadır. Başka bir ifadeyle, yeterli veri olmadan yapay zekâ sistemlerinin etkin sonuçlar üretmesi mümkün olmadığı gibi, yapay zekâ desteği olmadan büyük veriden stratejik değer elde etmek de oldukça güçleşmektedir. Bu nedenle günümüzde büyük veri ve yapay zekâ birbirini tamamlayan teknolojiler olarak değerlendirilmektedir (Davenport, Guha, Grewal & Bressgott, 2020).

Pazarlama alanında büyük verinin kullanımı, müşteri davranışlarının daha ayrıntılı analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. İşletmeler müşterilerin satın alma geçmişleri, internet sitesi ziyaretleri, sosyal medya etkileşimleri, ürün değerlendirmeleri ve çevrimiçi arama davranışları

gibi çok sayıda veri kaynağını inceleyebilmektedir. Yapay zekâ destekli analiz sistemleri sayesinde bu veriler anlamlı müşteri profillerine dönüştürülebilmekte ve her müşterinin ihtiyaçlarına uygun pazarlama faaliyetleri geliştirilebilmektedir. Böylece kitlesel pazarlama anlayışından uzaklaşılarak müşteriye özel teklifler ve kişiselleştirilmiş deneyimler sunulabilmektedir (Wedel & Kannan, 2016).

Büyük veri ve yapay zekâ entegrasyonu özellikle müşteri segmentasyonu, hedef kitle belirleme ve kampanya yönetimi süreçlerinde önemli avantajlar sağlamaktadır. Yapay zekâ algoritmaları benzer davranış özellikleri gösteren müşteri gruplarını belirleyebilmekte ve bu gruplara yönelik farklı pazarlama stratejileri geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca kampanya performanslarının gerçek zamanlı olarak izlenebilmesi, işletmelerin pazarlama bütçelerini daha etkin kullanmalarına ve yatırım getirilerini artırmalarına katkı sağlamaktadır (Shankar, 2018).

Günümüzde e-ticaret platformları ve dijital hizmet sağlayıcıları büyük veri ve yapay zekâ teknolojilerini yoğun biçimde kullanmaktadır. Kullanıcıların platform üzerindeki davranışları analiz edilerek kişiselleştirilmiş ürün önerileri sunulmakta, tüketicilerin ilgisini çekebilecek içerikler ön plana çıkarılmakta ve satın alma olasılığı yüksek müşteriler belirlenebilmektedir. Bu uygulamalar müşteri memnuniyetini artırırken işletmeler açısından gelir artışı ve rekabet avantajı da sağlamaktadır (Huang & Rust, 2021).

Bununla birlikte büyük veri kullanımının bazı riskleri de bulunmaktadır. Kişisel verilerin korunması, veri güvenliği, etik kullanım ve veri kalitesi gibi konular büyük veri uygulamalarının başarısını doğrudan etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Eksik veya hatalı verilerle eğitilen yapay zekâ sistemleri yanlış sonuçlar üretebilmekte ve bu durum pazarlama kararlarının etkinliğini azaltabilmektedir. Dolayısıyla büyük veri ve yapay zekâ uygulamalarının yalnızca teknolojik açıdan değil, etik ve yönetsel boyutlarıyla da değerlendirilmesi gerekmektedir (Mikalef vd., 2019).

Genel olarak değerlendirildiğinde büyük veri ve yapay zekâ teknolojileri, modern pazarlama anlayışının temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Büyük veri müşterilere ilişkin kapsamlı bilgi sağlarken, yapay zekâ bu bilgiyi anlamlı içgörülere dönüştürerek işletmelerin daha etkili pazarlama stratejileri geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle büyük veri ve yapay zekâ arasındaki sinerji, pazarlama inovasyonunun gelişmesini sağlayan en önemli teknolojik unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir.

Kaynak: *Chen, Chiang ve Storey (2012), Wedel ve Kannan (2016) ile Mikalef vd. (2019)'dan yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.*

Şekil 6 incelendiğinde farklı dijital kaynaklardan elde edilen büyük verinin yapay zekâ algoritmaları aracılığıyla işlendiği ve bu süreç sonucunda işletmelere stratejik karar alma avantajı sağlayan içgörülerin elde edildiği görülmektedir. Bu yapı sayesinde işletmeler müşteri ihtiyaçlarını daha doğru belirleyebilmekte, pazarlama faaliyetlerini optimize edebilmekte ve sürdürülebilir rekabet avantajı elde edebilmektedir.

3.4. Tahmine Dayalı Analitik Sistemler

Günümüzün yoğun rekabet ortamında işletmeler için yalnızca mevcut müşteri davranışlarını analiz etmek yeterli olmamakta, aynı zamanda gelecekte ortaya çıkabilecek eğilimleri öngörebilmek de büyük önem taşımaktadır. Bu noktada tahmine dayalı analitik sistemler, geçmiş ve mevcut verileri kullanarak gelecekte gerçekleşmesi muhtemel olaylar hakkında öngörüler geliştiren önemli bir karar destek mekanizması olarak öne çıkmaktadır. Özellikle yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknolojilerindeki gelişmeler, tahmine dayalı analitik uygulamalarının doğruluğunu ve etkinliğini artırarak pazarlama alanında yaygın biçimde kullanılmasını sağlamıştır (Siegel, 2016).

Tahmine dayalı analitik, geçmiş verilerden elde edilen örüntülerin analiz edilmesi yoluyla gelecekteki tüketici davranışlarının, pazar eğilimlerinin ve satın alma kararlarının tahmin edilmesine dayanmaktadır. Geleneksel istatistiksel yöntemler belirli eğilimleri ortaya koyabilse de yapay zekâ algoritmaları çok daha büyük veri kümelerini işleyebilmekte ve insan gözüyle fark edilmesi zor olan ilişkileri tespit edebilmektedir. Bu sayede işletmeler, değişen pazar koşullarını daha doğru değerlendirebilmekte ve stratejik kararlarını daha sağlam verilere dayandırabilmektedir (Davenport, Guha, Grewal & Bressgott, 2020).

Pazarlama alanında tahmine dayalı analitik sistemlerin en yaygın kullanım alanlarından biri müşteri satın alma davranışlarının öngörülmesidir. Yapay zekâ destekli modeller, müşterilerin geçmiş satın alma kayıtlarını, çevrimiçi etkileşimlerini ve demografik özelliklerini analiz ederek gelecekte hangi ürün veya hizmetleri tercih edebileceklerini tahmin edebilmektedir. Bu tahminler doğrultusunda işletmeler müşterilerine kişiselleştirilmiş teklifler sunabilmekte ve pazarlama faaliyetlerinin etkinliğini artırabilmektedir (Huang & Rust, 2021).

Tahmine dayalı analitik sistemler, müşteri kaybı riskinin belirlenmesinde de önemli avantajlar sağlamaktadır. Müşterilerin satın alma sıklıkları, marka etkileşimleri ve hizmet kullanım alışkanlıkları analiz edilerek işletmeden ayrılma eğiliminde olan müşteriler önceden tespit edilebilmektedir. Böylece işletmeler, müşteri kaybını önlemeye yönelik özel kampanyalar ve sadakat programları geliştirebilmektedir. Bu durum hem müşteri memnuniyetinin artırılmasına hem de müşteri yaşam boyu değerinin korunmasına katkı sağlamaktadır (Lemon & Verhoef, 2016).

Bir diğer önemli uygulama alanı ise talep tahminidir. İşletmelerin hangi ürünlere ne zaman ve ne ölçüde talep oluşacağını önceden tahmin edebilmesi, stok yönetimi ve üretim planlaması açısından kritik öneme sahiptir. Yapay zekâ destekli tahmin modelleri mevsimsel değişimler, tüketici tercihleri, ekonomik göstergeler ve geçmiş satış verileri gibi çok sayıda değişkeni aynı anda değerlendirebilmektedir. Bu sayede daha doğru talep tahminleri yapılabilmekte ve işletmeler operasyonel maliyetlerini azaltabilmektedir (Shankar, 2018).

Tahmine dayalı analitik sistemler dijital pazarlama kampanyalarının planlanması ve yönetilmesinde de önemli roller üstlenmektedir. Reklam kampanyalarının performansı analiz edilerek hangi müşteri segmentlerinin kampanyalara daha olumlu tepki verdiği belirlenebilmekte ve gelecekteki kampanyalar buna göre optimize edilebilmektedir. Böylece pazarlama bütçeleri daha verimli kullanılmakta ve yatırım getirisi artırılabilmektedir (Wedel & Kannan, 2016).

Bununla birlikte tahmine dayalı analitik uygulamalarının başarısı kullanılan verilerin kalitesine ve algoritmaların doğruluğuna bağlıdır. Eksik, güncelliğini yitirmiş veya hatalı veriler üzerinden yapılan analizler yanlış tahminler üretebilmekte ve işletmelerin stratejik kararlarını olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca veri gizliliği, etik kullanım ve algoritmik önyargılar gibi konular da tahmine dayalı analitik sistemlerin karşı karşıya olduğu önemli zorluklar arasında yer almaktadır (Huang & Rust, 2021). Bu nedenle işletmelerin yalnızca teknolojik altyapıya yatırım yapmaları değil, aynı zamanda veri yönetimi ve etik kullanım ilkelerini de gözetmeleri gerekmektedir.

Sonuç olarak tahmine dayalı analitik sistemler, yapay zekânın pazarlama alanında sağladığı en önemli katkılardan biri olarak değerlendirilmektedir. Söz konusu sistemler işletmelerin geleceği öngörebilme kapasitesini artırmakta, müşteri odaklı kararlar alınmasını desteklemekte ve pazarlama faaliyetlerinin etkinliğini yükseltmektedir. Bu yönüyle tahmine dayalı analitik uygulamaları, veri odaklı pazarlama anlayışının temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Şekil 7. Yapay Zekâ Destekli Tahmine Dayalı Analitik Süreci

Kaynak: *Siegel (2016), Davenport vd. (2020) ve Huang ve Rust (2021)'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.*

Şekil 7 incelendiğinde tahmine dayalı analitik sistemlerin geçmiş verileri yapay zekâ algoritmaları aracılığıyla işleyerek geleceğe yönelik öngörüler oluşturduğu görülmektedir. Elde edilen tahminler, işletmelerin daha etkin pazarlama stratejileri geliştirmelerine ve kaynaklarını daha verimli kullanmalarına katkı sağlamaktadır.

4. PAZARLAMA İNOVASYONUNDA YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI

Dijitalleşmenin hız kazanmasıyla birlikte yapay zekâ teknolojileri, pazarlama faaliyetlerinin ayrılmaz bir parçası hâline gelmiştir. İşletmeler müşteri beklentilerini daha iyi anlayabilmek, pazarlama süreçlerini optimize edebilmek ve müşteri deneyimini geliştirebilmek amacıyla yapay zekâ destekli sistemlerden yararlanmaktadır. Özellikle kişiselleştirme uygulamaları, chatbotlar, sanal asistanlar, içerik üretim araçları, dinamik fiyatlandırma sistemleri ve müşteri ilişkileri yönetimi çözümleri pazarlama inovasyonunun en görünür örnekleri arasında yer almaktadır. Yapay zekâ destekli bu uygulamalar işletmelere operasyonel verimlilik sağlarken aynı zamanda müşteri memnuniyetini ve marka bağlılığını artırmaktadır (Huang & Rust, 2021).

4.1. Kişiselleştirme

Kişiselleştirme, müşterilere ait verilerin analiz edilerek her bireyin ihtiyaç ve beklentilerine uygun ürün, hizmet veya içerik sunulmasını ifade etmektedir. Günümüzde tüketiciler standart pazarlama mesajlarından ziyade kendi ilgi alanlarına ve tercihlerine uygun deneyimler talep etmektedir. Bu nedenle işletmeler, yapay zekâ teknolojilerini kullanarak müşteri davranışlarını analiz etmekte ve kişiselleştirilmiş pazarlama stratejileri geliştirmektedir (Wedel & Kannan, 2016).

Kişiselleştirmenin en başarılı örneklerinden biri Netflix tarafından gerçekleştirilmektedir. Netflix, kullanıcıların izleme geçmişlerini, izleme sürelerini ve içerik tercihlerini analiz ederek kişiye özel içerik önerileri sunmaktadır. Böylece aynı platformda bulunan farklı kullanıcılar birbirinden tamamen farklı içerik önerileriyle karşılaşabilmektedir. Bu yaklaşım kullanıcı deneyimini iyileştirirken platformda geçirilen süreyi de artırmaktadır.

Amazon da yapay zekâ destekli kişiselleştirme uygulamalarını en etkin kullanan işletmeler arasında yer almaktadır. Şirket, müşterilerin satın alma geçmişlerini, görüntüleme davranışlarını ve benzer kullanıcıların tercihlerini analiz ederek kişiye özel ürün önerileri geliştirmektedir. Amazon'un öneri sistemleri yalnızca müşteri memnuniyetini artırmakla kalmamakta, aynı zamanda çapraz satış ve ek satış fırsatlarını da geliştirmektedir.

Spotify ise kullanıcıların müzik dinleme alışkanlıklarını analiz ederek kişiselleştirilmiş çalma listeleri oluşturmaktadır. “Discover Weekly” ve “Daily Mix” gibi uygulamalar sayesinde kullanıcılar ilgi duyabilecekleri yeni şarkılarla buluşturulmakta ve platform deneyimi daha çekici hâle getirilmektedir. Böylece yapay zekâ destekli kişiselleştirme uygulamaları hem müşteri bağlılığını güçlendirmekte hem de kullanıcı etkileşimini artırmaktadır (Kotler, Kartajaya & Setiawan, 2021).

4.2. Chatbotlar ve Sanal Asistanlar

Yapay zekâ teknolojilerinin pazarlama alanında yaygın kullanım alanlarından biri chatbotlar ve sanal asistanlardır. Doğal dil işleme teknolojileri sayesinde geliştirilen bu sistemler müşterilerle gerçek zamanlı iletişim kurabilmekte ve insan müdahalesine ihtiyaç duymadan birçok işlemi gerçekleştirebilmektedir.

Günümüzde işletmeler chatbotları müşteri hizmetleri süreçlerini iyileştirmek, müşterilerin sorularını yanıtlamak, ürün önerilerinde bulunmak ve satın alma süreçlerine destek vermek amacıyla kullanmaktadır. Chatbotlar, geleneksel müşteri hizmetlerine göre daha düşük maliyetle kesintisiz hizmet sunabilmekte ve müşteri taleplerine hızlı cevap verebilmektedir (Davenport, Guha, Grewal & Bressgott, 2020).

Kozmetik sektöründe faaliyet gösteren Sephora, müşterilere ürün önerileri sunmak amacıyla yapay zekâ destekli sohbet sistemlerinden yararlanmaktadır. Benzer şekilde H&M müşterilerin kıyafet tercihlerini analiz ederek ürün önerilerinde bulunan chatbot uygulamaları geliştirmiştir. Bank of America'nın sanal asistanı Erica ise müşterilerin bankacılık işlemlerini kolaylaştırmakta ve kişisel finans yönetimine ilişkin öneriler sunmaktadır.

Özellikle üretken yapay zekâ teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte chatbotlar yalnızca soru-cevap sistemleri olmaktan çıkmakta, müşteriyle doğal diyalog kurabilen ve kişiselleştirilmiş öneriler sunabilen gelişmiş pazarlama araçlarına dönüşmektedir.

4.3. Yapay Zekâ Destekli İçerik Üretimi

Üretken yapay zekâ teknolojilerinin gelişmesi içerik üretim süreçlerinde önemli değişimlere yol açmıştır. Günümüzde işletmeler reklam metinleri hazırlamak, sosyal medya içerikleri oluşturmak, blog yazıları üretmek ve görsel tasarımlar geliştirmek amacıyla yapay zekâ araçlarından yararlanmaktadır.

ChatGPT, Microsoft Copilot, Gemini ve Claude gibi büyük dil modelleri işletmelerin kısa sürede yüksek miktarda içerik üretmesine imkân sağlamaktadır. Bu araçlar pazarlama ekiplerine zaman ve maliyet avantajı sunarken aynı zamanda kişiselleştirilmiş içerik geliştirme konusunda da destek sağlamaktadır (Dwivedi vd., 2023).

Yapay zekâ destekli içerik üretiminin dikkat çeken örneklerinden biri Coca-Cola'nın “Create Real Magic” kampanyasıdır. Şirket bu uygulamada üretken yapay zekâ teknolojilerinden faydalanarak kullanıcıların markayla etkileşim kurabileceği yaratıcı içerikler üretilmesine olanak sağlamıştır. Benzer şekilde Heinz, yapay zekâ tarafından oluşturulan ketçap görsellerini kullanarak dikkat çekici bir dijital pazarlama kampanyası yürütmüştür.

Öte yandan Adobe Firefly, Midjourney ve DALL-E gibi görsel üretim araçları reklam ve tasarım süreçlerinin dönüşümünde önemli rol oynamaktadır. Bu araçlar sayesinde işletmeler daha hızlı içerik üretebilmekte ve yaratıcı süreçlerde verimlilik elde edebilmektedir.

4.4. Dinamik Fiyatlandırma

Dinamik fiyatlandırma, ürün veya hizmet fiyatlarının müşteri davranışları, talep düzeyi, rekabet koşulları ve piyasa değişkenlerine bağlı olarak gerçek zamanlı biçimde güncellenmesini ifade etmektedir. Yapay zekâ sistemleri büyük miktardaki veriyi analiz ederek fiyatların optimize edilmesine olanak sağlamaktadır (Shankar, 2018).

E-ticaret sektöründe faaliyet gösteren Amazon, ürün fiyatlarını gün içerisinde çok sayıda değişkeni dikkate alarak güncelleyebilmektedir. Benzer şekilde Uber'in kullandığı “surge pricing” sistemi, talebin arttığı dönemlerde fiyatların otomatik olarak yükseltilmesine olanak

sağlamaktadır. Havayolu ve otelcilik sektörlerinde de yapay zekâ destekli fiyatlandırma sistemleri yoğun biçimde kullanılmaktadır.

Tablo 1. Yapay Zekâ Destekli Dinamik Fiyatlandırma Örnekleri

Şirket	Uygulama Alanı	Amaç
Amazon	E-ticaret	Gerçek zamanlı fiyat optimizasyonu
Uber	Ulaşım	Talep ve arz dengesi
Booking.com	Turizm	Doluluk oranlarının artırılması
Havayolu şirketleri	Gelir yönetimi	Talep tahmini ve gelir optimizasyonu

Dinamik fiyatlandırma sistemleri işletmelere gelir artışı, daha etkin stok yönetimi ve değişen pazar koşullarına hızlı uyum sağlama gibi önemli avantajlar sunmaktadır.

4.5. Müşteri İlişkileri Yönetimi

Müşteri ilişkileri yönetimi (Customer Relationship Management-CRM), işletmelerin müşterileriyle uzun dönemli ilişkiler kurmasını, müşteri memnuniyetini artırmasını ve müşteri değerini yükseltmesini amaçlayan stratejik bir yaklaşımdır (Buttle & Maklan, 2019). Yapay zekâ teknolojileri, CRM sistemlerinin gelişiminde önemli rol oynayarak müşteri davranışlarının analiz edilmesine, ihtiyaçların öngörülmesine ve karar alma süreçlerinin desteklenmesine katkı sağlamaktadır.

Yapay zekâ destekli CRM sistemleri; satın alma geçmişi, dijital etkileşimler ve müşteri hizmetleri kayıtları gibi verileri analiz ederek ayrıntılı müşteri profilleri oluşturabilmektedir. Bu sayede müşteriler benzer özelliklerine göre segmente edilmekte ve kişiselleştirilmiş pazarlama faaliyetleri geliştirilebilmektedir (Payne & Frow, 2017). Ayrıca müşteri kaybı riskinin tahmin edilmesi ve müşteri yaşam boyu değerinin belirlenmesi gibi uygulamalar, işletmelerin kaynaklarını daha etkin kullanmalarına yardımcı olmaktadır (Verhoef, Kooge & Walk, 2016).

Günümüzde Salesforce, Microsoft Dynamics, HubSpot ve Zendesk gibi platformlar yapay zekâ destekli CRM çözümleri sunmaktadır. Bu sistemler müşteri verilerini stratejik bilgiye dönüştürerek müşteri deneyiminin geliştirilmesine ve pazarlama performansının artırılmasına katkı sağlamaktadır (Huang & Rust, 2021). Bununla birlikte veri kalitesi, veri güvenliği ve etik kullanım konuları CRM uygulamalarının başarısını etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır (Nguyen, Simkin & Canhoto, 2015).

Sonuç olarak yapay zekâ destekli CRM sistemleri, müşteri ilişkilerinin daha etkin yönetilmesini sağlayan ve işletmelere rekabet avantajı sunan önemli pazarlama inovasyonu araçları arasında yer almaktadır.

5. YAPAY ZEKÂNIN PAZARLAMA İNOVASYONUNA KATKILARI

Yapay zekâ, pazarlama faaliyetlerinde operasyonel süreçlerin ötesine geçerek işletmelerin yenilikçi değer yaratma kapasitesini artıran stratejik bir unsur hâline gelmiştir. Veri işleme, öğrenme ve tahmin yetenekleri sayesinde müşteri ihtiyaçlarının daha iyi anlaşılmasına, pazarlama faaliyetlerinin geliştirilmesine ve sürdürülebilir rekabet avantajı elde edilmesine katkı sağlamaktadır (Barney, 1991; Rust, 2020).

5.1. Rekabet Avantajı Sağlama

Yapay zekâ, işletmelerin müşteri davranışlarını ve pazar eğilimlerini daha hızlı analiz etmelerine olanak tanıyarak rekabet avantajı elde etmelerini desteklemektedir. Elde edilen müşteri içgörüleri, yenilikçi ürün ve hizmetlerin geliştirilmesine katkı sağlamakta ve işletmelerin rakiplerinden farklılaşmasını kolaylaştırmaktadır (Barney, 1991; Day, 2011).

5.2. Verimlilik Artışı

Yapay zekâ teknolojileri, veri analizi, müşteri segmentasyonu, kampanya yönetimi ve performans değerlendirme gibi süreçleri otomatikleştirerek pazarlama faaliyetlerinin daha hızlı ve etkin yürütülmesini sağlamaktadır. Bu durum kaynak kullanımını optimize etmekte ve çalışanların daha stratejik görevlere odaklanmasına imkân vermektedir (Brynjolfsson & McAfee, 2017; Chaffey & Ellis-Chadwick, 2022).

5.3. Müşteri Deneyiminin Geliştirilmesi

Müşteri deneyimi günümüz pazarlama anlayışının temel unsurlarından biridir. Yapay zekâ; öneri sistemleri, chatbotlar ve kişiselleştirilmiş içerik uygulamaları aracılığıyla müşterilere daha uygun deneyimler sunulmasına katkı sağlamaktadır. Böylece müşteri memnuniyeti ve marka bağlılığı artırılabilmektedir (Kumar, Dixit, Javalgi & Dass, 2019; Lemon & Verhoef, 2016).

5.4. Maliyetlerin Azaltılması

Yapay zekâ destekli otomasyon sistemleri, müşteri hizmetleri, veri analitiği ve içerik üretimi gibi alanlarda maliyetleri azaltmaktadır. Kaynakların daha verimli kullanılması sayesinde pazarlama bütçelerinin etkinliği artmakta ve yatırım getirisi yükselmektedir (Jarek & Mazurek, 2019; Brynjolfsson & McAfee, 2017).

5.5. Hızlı ve Etkin Karar Alma

Yapay zekâ sistemleri büyük veri kümelerini kısa sürede analiz ederek işletmelere hızlı ve güvenilir karar desteği sunmaktadır. Özellikle tahmine dayalı analitik uygulamaları, müşteri davranışlarının ve pazar eğilimlerinin öngörülmesine yardımcı olarak belirsizliklerin azaltılmasını sağlamaktadır (Shrestha, Ben-Menahem & von Krogh, 2019; Rust, 2020).

Sonuç olarak yapay zekâ; rekabet avantajı, verimlilik, müşteri deneyimi, maliyet yönetimi ve karar alma süreçleri üzerinde önemli katkılar sağlayarak pazarlama inovasyonunun temel itici güçlerinden biri hâline gelmiştir.

6. GELECEĞİN PAZARLAMA EKOSİSTEMİNDE YAPAY ZEKÂ

Dijital dönüşümün hız kazanmasıyla birlikte yapay zekâ teknolojileri pazarlama faaliyetlerinde yalnızca mevcut süreçleri iyileştiren araçlar olmaktan çıkmakta, geleceğin pazarlama ekosistemini şekillendiren temel bir unsur hâline gelmektedir. Özellikle üretken yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşması, sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin gelişmesi, otonom sistemlerin ortaya çıkması ve insan-yapay zekâ iş birliğinin güçlenmesi, pazarlama uygulamalarında önemli değişimlerin yaşanacağını göstermektedir. Gelecekte pazarlama faaliyetlerinin daha akıllı, kişiselleştirilmiş, öngörülebilir ve otomatik bir yapıya dönüşmesi beklenmektedir. Bu dönüşüm, işletmelere yeni fırsatlar sunarken aynı zamanda stratejik, etik ve yönetsel bazı sorumlulukları da beraberinde getirmektedir.

6.1. Üretken Yapay Zekâ (Generative AI)

Son yıllarda yapay zekâ alanında yaşanan en dikkat çekici gelişmelerden biri üretken yapay zekâ teknolojilerinin yaygınlaşmasıdır. Üretken yapay zekâ, mevcut verilerden öğrenerek yeni metinler, görseller, videolar, sesler ve yazılım kodları üretebilen sistemleri ifade etmektedir. ChatGPT, Gemini, Microsoft Copilot, Claude, Midjourney ve DALL-E gibi uygulamalar bu teknolojinin en bilinen örnekleri arasında yer almaktadır (Dwivedi vd., 2023).

Pazarlama açısından değerlendirildiğinde üretken yapay zekâ, içerik oluşturma süreçlerini önemli ölçüde dönüştürmektedir. İşletmeler reklam metinleri hazırlama, sosyal medya paylaşımları oluşturma, e-posta kampanyaları geliştirme ve görsel tasarımlar üretme gibi faaliyetleri daha kısa sürede gerçekleştirebilmektedir. Ayrıca üretken yapay zekâ sistemleri müşterilerin ilgi alanlarına göre kişiselleştirilmiş içerikler üreterek pazarlama faaliyetlerinin etkinliğini artırmaktadır.

Gelecekte üretken yapay zekânın yalnızca içerik üretiminde değil, ürün geliştirme, marka yönetimi ve müşteri deneyimi tasarımı gibi alanlarda da daha kapsamlı biçimde kullanılacağı öngörülmektedir. Bu durum pazarlama süreçlerinde yaratıcılık ile teknolojinin daha bütünleşik bir yapıya dönüşmesine katkı sağlayacaktır (Kaplan & Haenlein, 2019).

6.2. Metaverse ve Yapay Zekâ

Metaverse kavramı, bireylerin dijital avatarlar aracılığıyla etkileşim kurabildikleri, sanal deneyimler yaşayabildikleri ve ekonomik faaliyetlerde bulunabildikleri üç boyutlu dijital

ortamları ifade etmektedir. Son yıllarda metaverse teknolojilerine yönelik yatırımların artması, pazarlama alanında da yeni fırsatların ortaya çıkmasına neden olmuştur (Mystakidis, 2022).

Yapay zekâ teknolojileri metaverse ortamlarının daha gerçekçi, kişiselleştirilmiş ve etkileşimli hâle gelmesinde önemli rol oynamaktadır. Sanal karakterlerin kullanıcı davranışlarını analiz edebilmesi, sanal mağazalarda kişisel alışveriş danışmanlığı yapılabilmesi ve kullanıcıların tercihlerine göre deneyimlerin şekillendirilmesi, yapay zekânın metaverse içerisindeki temel kullanım alanları arasında yer almaktadır.

Örneğin birçok küresel marka sanal mağazalar, dijital ürün lansmanları ve etkileşimli marka deneyimleri geliştirmeye başlamıştır. Bu gelişmeler gelecekte pazarlama faaliyetlerinin yalnızca fiziksel ve dijital platformlarla sınırlı kalmayacağını, aynı zamanda sanal evrenlerde de yoğun biçimde yürütüleceğini göstermektedir. Yapay zekâ ise bu dönüşümün temel teknolojik altyapısını oluşturmaktadır (Lee vd., 2021).

6.3. Otonom Pazarlama Sistemleri

Yapay zekâ teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte pazarlama faaliyetlerinde insan müdahalesine duyulan ihtiyaç giderek azalmaktadır. Otonom pazarlama sistemleri, veri toplama, analiz etme, karar verme ve uygulama süreçlerini büyük ölçüde kendi başına gerçekleştirebilen sistemler olarak tanımlanmaktadır (Rust, 2020).

Günümüzde dijital reklam platformları belirli ölçüde otonom çalışma özelliği göstermektedir. Yapay zekâ algoritmaları reklam bütçelerini optimize edebilmekte, hedef kitleleri belirleyebilmekte ve kampanya performanslarını gerçek zamanlı olarak iyileştirebilmektedir. Gelecekte ise bu sistemlerin daha bağımsız hâle gelmesi beklenmektedir. Örneğin müşteri davranışlarını analiz eden bir yapay zekâ sistemi yeni kampanyalar oluşturabilecek, fiyatlandırma stratejilerini belirleyebilecek ve müşteri segmentlerini otomatik olarak yönetebilecektir.

Bu gelişmeler pazarlama faaliyetlerinde hız ve verimlilik sağlayacak olsa da insan kontrolünün tamamen ortadan kalkması beklenmemektedir. Aksine yöneticilerin stratejik rehberliği ile yapay zekânın analitik gücünün birlikte kullanıldığı hibrit yapılar ön plana çıkacaktır.

6.4. İnsan-Yapay Zekâ İş Birliği

Yapay zekâ teknolojilerinin gelecekte insan emeğinin yerini tamamen alacağı yönündeki görüşler yaygın olmakla birlikte, güncel literatür daha çok insan-yapay zekâ iş birliğinin önemine vurgu yapmaktadır. Yapay zekâ büyük miktardaki veriyi analiz edebilmekte, örüntüleri tespit edebilmekte ve çeşitli tahminler üretebilmektedir. Buna karşın yaratıcılık, etik

değerlendirme, empati ve stratejik düşünme gibi alanlarda insan katkısı hâlen kritik önem taşımaktadır (Shrestha, Ben-Menahem & von Krogh, 2019).

Pazarlama faaliyetleri doğası gereği tüketici psikolojisi, kültürel dinamikler ve duygusal etkileşimlerle yakından ilişkilidir. Bu nedenle başarılı pazarlama stratejilerinin geliştirilmesinde insan uzmanlığının tamamen ortadan kalkması beklenmemektedir. Gelecekte pazarlama profesyonelleri yapay zekâ sistemlerinden elde edilen analiz ve öngörüleri kullanarak daha yaratıcı ve stratejik kararlar alabilecektir.

Özellikle içerik üretimi, marka yönetimi, müşteri ilişkileri ve kampanya planlama süreçlerinde insan ve yapay zekâ arasında kurulan iş birliği, pazarlama inovasyonunun temel dinamiklerinden biri olacaktır. Yapay zekâ veri odaklı analizleri gerçekleştirirken insanlar müşteri duygularını anlama, marka kimliği oluşturma ve etik değerlendirmeler yapma konularında belirleyici rol üstlenecektir (Davenport & Kirby, 2016).

Sonuç olarak geleceğin pazarlama ekosistemi; üretken yapay zekâ uygulamaları, metaverse deneyimleri, otonom pazarlama sistemleri ve insan-yapay zekâ iş birliği üzerine şekillenecektir. Bu dönüşüm, pazarlama faaliyetlerinin daha kişiselleştirilmiş, daha verimli ve daha etkileşimli hâle gelmesini sağlayacaktır. Bununla birlikte teknolojik gelişmelerin etik, hukuki ve toplumsal boyutlarının da dikkate alınması, sürdürülebilir bir pazarlama ekosistemi oluşturulması açısından büyük önem taşımaktadır.

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Dijital dönüşümün hız kazanmasıyla birlikte yapay zekâ, pazarlama faaliyetlerini dönüştüren ve pazarlama inovasyonunu destekleyen stratejik bir teknoloji hâline gelmiştir. Büyük veri analitiği, makine öğrenmesi ve üretken yapay zekâ uygulamaları, işletmelerin müşteri davranışlarını daha iyi analiz etmelerine, pazarlama süreçlerini geliştirmelerine ve yenilikçi değer önerileri oluşturmalarına katkı sağlamaktadır. Yapılan literatür incelemesi, yapay zekânın müşteri içgörülerinin elde edilmesi, kişiselleştirme uygulamalarının geliştirilmesi, veri temelli karar verme süreçlerinin desteklenmesi ve müşteri deneyiminin iyileştirilmesi açısından önemli avantajlar sunduğunu ortaya koymuştur. Özellikle öneri sistemleri, chatbotlar, dinamik fiyatlandırma uygulamaları ve yapay zekâ destekli müşteri ilişkileri yönetimi çözümleri, işletmelerin rekabet gücünü artıran uygulamalar arasında öne çıkmaktadır. Bununla birlikte yapay zekâ uygulamalarının veri gizliliği, algoritmik önyargılar, şeffaflık ve etik sorumluluk gibi konularda bazı riskler barındırdığı görülmektedir. Bu nedenle işletmelerin teknolojik yatırımlarını gerçekleştirirken güvenilirlik, hesap verebilirlik ve yasal düzenlemeler çerçevesinde hareket etmeleri gerekmektedir.

Sonuç olarak yapay zekâ, pazarlama inovasyonunun gelişiminde önemli bir rol oynamakta ve işletmelere sürdürülebilir rekabet avantajı sağlamaktadır. Gelecekte yapay zekâ destekli uygulamaların yaygınlaşmasıyla birlikte pazarlama faaliyetlerinin daha kişiselleştirilmiş, veri temelli ve öngörülebilir bir yapıya dönüşmesi beklenmektedir. Bu doğrultuda işletmelerin yapay zekâyı yalnızca teknolojik bir araç olarak değil, stratejik bir yetkinlik olarak değerlendirmeleri önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Alpaydın, E. (2021). *Machine learning* (Rev. and updated ed.). MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/13811.001.0001

Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management, 17*(1), 99–120. https://doi.org/10.1177/014920639101700108

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017). *Machine, platform, crowd: Harnessing our digital future*. W. W. Norton & Company.

Buttle, F., & Maklan, S. (2019).*Customer relationship management: Concepts and technologies* (4th ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781351016551

Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2022). *Digital marketing* (8th ed.). Pearson.

Chen, H., Chiang, R. H. L., & Storey, V. C. (2012). Business intelligence and analytics: From big data to big impact. *MIS Quarterly, 36*(4), 1165–1188. https://doi.org/10.2307/41703503

Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2017). *Competing on analytics: The new science of winning* (Updated ed.). Harvard Business Review Press.

Davenport, T. H., & Kirby, J. (2016). *Only humans need apply: Winners and losers in the age of smart machines*. Harper Business.

Davenport, T. H., Guha, A., Grewal, D., & Bressgott, T. (2020). How artificial intelligence will change the future of marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science, 48*(1), 24–42. https://doi.org/10.1007/s11747-019-00696-0

Day, G. S. (2011). Closing the marketing capabilities gap. *Journal of Marketing, 75*(4), 183–195. https://doi.org/10.1509/jmkg.75.4.183

Drucker, P. F. (2014). *Innovation and entrepreneurship*. Routledge.

Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Koohang, A., Raghavan, V., Ahuja, M., Albanna, H., Albashrawi, M., Al-Busaidi, K. A., Balakrishnan, J., Barlette, Y., Basu, S., Bose, I., Brooks, L., Buhalis, D., ... Wright, R. (2023). So what if ChatGPT wrote it? Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *International Journal of Information Management, 71*, 102642. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.

Huang, M. H., & Rust, R. T. (2021). A strategic framework for artificial intelligence in marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science, 49*(1), 30–50. https://doi.org/10.1007/s11747-020-00749-9

Jarek, K., & Mazurek, G. (2019). Marketing and artificial intelligence. *Central European Business Review, 8*(2), 46–55. https://doi.org/10.18267/j.cebr.213

Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons, 62*(1), 15–25. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.004

Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2021). *Marketing 5.0: Technology for humanity*. Wiley.

Kumar, V., & Reinartz, W. (2018). *Customer relationship management: Concept, strategy, and tools* (3rd ed.). Springer.

Kumar, V., Dixit, A., Javalgi, R. G., & Dass, M. (2019). Research framework, strategies, and applications of intelligent agent technologies for customer relationship management. *Journal*

of the Academy of Marketing Science, 47(1), 24–45. https://doi.org/10.1007/s11747-018-0602-8

Lee, L. H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., Kumar, A., Bermejo, C., & Hui, P. (2021). *All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda*. arXiv. https://arxiv.org/abs/2110.05352

Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (2016). Understanding customer experience throughout the customer journey. *Journal of Marketing, 80*(6), 69–96. https://doi.org/10.1509/jm.15.0420

McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence. *AI Magazine, 27*(4), 12–14.

Mikalef, P., Boura, M., Lekakos, G., & Krogstie, J. (2019). Big data analytics capabilities and innovation: The mediating role of dynamic capabilities and moderating effect of the environment. *Information & Management, 56*(6), 103161. https://doi.org/10.1016/j.im.2018.11.004

Mitchell, T. M. (1997). *Machine learning*. McGraw-Hill.

Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia, 2*(1), 486–497. https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031

Nguyen, B., Simkin, L., & Canhoto, A. I. (Eds.). (2015). *The dark side of CRM: Customers, relationships and management*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315753737

Nilsson, N. J. (2010). *The quest for artificial intelligence: A history of ideas and achievements*. Cambridge University Press.

OECD, & Eurostat. (2018). *Oslo manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation* (4th ed.). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264304604-en

O'Sullivan, D., & Dooley, L. (2020). *Applying innovation*. Sage Publications.

Payne, A., & Frow, P. (2017). *Strategic customer management: Integrating relationship marketing and CRM*. Cambridge University Press.

Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.

Rust, R. T. (2020). The future of marketing. *International Journal of Research in Marketing, 37*(1), 15–26. https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2019.10.002

Rust, R. T., & Huang, M. H. (2014). The service revolution and the transformation of marketing science. *Marketing Science, 33*(2), 206–221. https://doi.org/10.1287/mksc.2013.0839

Shankar, V. (2018). How artificial intelligence (AI) is reshaping retailing. *Journal of Retailing, 94*(4), vi–xi. https://doi.org/10.1016/S0022-4359(18)30076-9

Shrestha, Y. R., Ben-Menahem, S. M., & von Krogh, G. (2019). Organizational decision-making structures in the age of artificial intelligence. *California Management Review, 61*(4), 66–83. https://doi.org/10.1177/0008125619862257

Siegel, E. (2016). *Predictive analytics: The power to predict who will click, buy, lie, or die* (2nd ed.). Wiley.

Tidd, J., & Bessant, J. (2021). *Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change* (7th ed.). Wiley.

Trott, P. (2021). *Innovation management and new product development* (7th ed.). Pearson.

Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind, 59*(236), 433–460. https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433

Varadarajan, R. (2018). Advances in strategic marketing and the advancement of the marketing discipline: The promise of theory. *Journal of Marketing Theory and Practice, 26*(1–2), 80–90. https://doi.org/10.1080/10696679.2018.1391708

Verhoef, P. C., Kooge, E., & Walk, N. (2016). *Creating value with big data analytics: Making smarter marketing decisions*. Routledge.

Wedel, M., & Kannan, P. K. (2016). Marketing analytics for data-rich environments. *Journal of Marketing, 80*(6), 97–121. https://doi.org/10.1509/jm.15.0413

E-TİCARETTE ALTERNATİF UYUŞMAZLIK ÇÖZÜM YOLLARINDA YENİ ARAYIŞLAR

Assistant Prof. Dr. F. Itır BİNGÖL
Dokuz Eylül University, Economics & Administrative Sciences Faculty, Department of Commercial Law, Dokuzçeşmeler Campus, Buca-35169 İZMİR
ORCID-ID:0000-0001-7948-1895

ÖZET

ABD'de 1960'lı yıllarda mahkemelerin iş yükünün çok artması üzerine bir çözüm arayışı başlamış ve 1976'da Amerikan Barolar Birliği tarafından gerçekleştirilen Pound Konferansı'nda alternatif uyuşmazlık çözüm yolları, mahkemelerin iş yükünü azaltabilecek bir müessese olarak üzerinde çalışılmaya değer bulunmuştur. Bu çalışmalar sonucunda 1998'de Alternatif Uyuşmazlık Çözüm Yolları Kanunu kabul edilmiştir.

Avrupa Birliği de ABD'deki bu gelişmelerden etkilenmiştir ve 2013/11 sayılı Direktif ile Tüketici Uyuşmazlıkları için Alternatif Uyuşmazlık Çözüm Yolları adlı Direktifi ve bu Direktifte Değişiklik yapan 19 Ocak 2026'da yürürlüğe giren 2025/2647 sayılı Direktifi kabul etmiştir. AB'nin 2025/2647 sayılı Direktifi ile AB'deki mevcut Online Alternatif Uyuşmazlık Çözüm Platformunun faaliyetine son verilmekte ve onun yerine üye ülkelere kendi ülkelerinde ulusal bazda ve sektörlere göre alternatif uyuşmazlık çözüm merkezleri kurmaları için düzenleme yapma zorunluluğu getirilmektedir. Özellikle e-ticaretten doğan uyuşmazlıklardaki artış da dikkate alınarak hazırlanan Direktif üye ülkelere kendi iç hukuklarında gerekli düzenlemeyi yapabilmeleri için Eylül 2028'e kadar süre vermektedir.

Direktif bizim için yasal düzenlemelerimize örnek teşkil edebilecek güncel bir uygulama olması açısından önem taşıdığı kadar, üçüncü ülkenin tacirlerini uygulamaya dahil etmesi açısından da önem taşımaktadır. Türkiye'den AB üyesi ülkelerdeki tüketicilere mal satan ya da hizmet sağlayan tacirler de tercih etmeleri durumunda bu Direktif kapsamında kurulan alternatif uyuşmazlık çözüm merkezlerinde kendilerine karşı yapılan başvuruları görüşüp çözüme kavuşturabileceklerdir.

Tacirlerin bu sisteme dahil olmaları durumunda tüketiciler yaşadıkları bir uyuşmazlık karşısında yerleşim yerlerinin bulunduğu yerdeki alternatif uyuşmazlık çözüm merkezine başvurabileceklerdir. Tüketiciler, satın almak istedikleri ürünün satıcısının ya da hizmet sağlayıcısının 2025/2647 sayılı AB Direktifi kapsamına dahil olduğunu bilirlerse daha güvenerek işlem yapacaklardır. Ayrıca sisteme dahil olmayan bir satıcı ya da sağlayıcı ile işlem yapmaktansa sisteme dahil olan birini tercih edeceklerdir. Türkiye'den Avrupa'daki tüketicilere mal satan ya da hizmet sağlayan tacirlerin bu sisteme dahil olmaları kendilerine

rekabet üstünlüğü sağlayacaktır. Bu nedenle Türkiye'deki tacirlerin de 2025/2647 sayılı Direktif'in getirdiği yeniliklerden haberdar olması önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Alternatif Uyuşmazlık Çözüm Yolu, 2013/11 Sayılı AB Direktifi, 2025/2647 AB Direktifi

NEW QUESTS FOR ALTERNATIVE DISPUTE RESOLUTION IN E-COMMERCE

ABSTRACT

In the 1960s, a search for solutions began in the USA due to the significantly increased workload of the courts, and at the Pound Conference held by the American Bar Association in 1976, alternative dispute resolution methods were deemed worthy of study as a mechanism that could reduce the workload of the courts. As a result of these efforts the Alternative Dispute Resolution Act was enacted in 1998.

The European Union was also influenced by these developments in the USA and adopted Directive 2023/11/EU on Alternative Dispute Resolution for Consumer Disputes, as well as Directive (EU) 2025/2647, which amends the former and entred into force on January 19, 2026. With Directive (EU) 2025/2647, the EU terminates the operations of the existing European Online Dispute Resolution (ODR) Platform and instead obliges Member States to introduce regulations to establish national, sector-specific alternative dispute resolution centers within their respective countries. Prepared by specifically taking into account the surge in disputes arising from e-commerce, the Directive grants Member States untill September 2028 to implement the necessary provisions in their national laws.

This Directive is important not only because it serves as a contemporary practice that can set an example for our legal regulations, but also because it includes third-country traders in its application. Traders from Türkiye who sell goods or provide services to consumers in EU member states will also be able to review and resolve claims brought against them in the alternative dispute resolution centers established under this Directive, provided they choose to do so.

If traders join this system, consumers will be able to apply to the alternative dispute resolution center in their place of residence when faced with a dispute. Consumers will transact with greater confidence if they know that the seller or service provider of the product they wish to purchase is included within the scope of EU Direcitve 2025/2647. Furthermore, rather than transacting with a non-participating seller or provider, they will prefer one that is integrated into the system. For traders from Türkiye who sell goods or provide services to European consumers, participating in this system will grant them a competetive advantge. Therefore, it

is essential for traders in Türkiye to be aware of the innovations introduced by Directive 2025/2647.

Key words: Alternative Dispute Resolution, EU Directive 2023/11, EU Directive 2025/2647

BORSA İSTANBUL İMALAT SANAYİ FİRMALARINDA SERMAYE YAPISININ BELİRLEYİCİLERİ: FİNANSMAN HİYERARŞİSİ VE ÖDÜNLEŞME TEORİLERİ AÇISINDAN AMPİRİK BİR İNCELEME

Arş. Gör. Dr. Muhammet KARALI
Kafkas University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, 36100 Kars
ORCID ID: 0000-0001-6904-1087
muhammetkarali.25@outlook.com

ÖZET

Bu çalışma, firmaların sermaye yapısı kararlarını etkileyen firma düzeyindeki faktörleri belirlemeyi ve elde edilen bulguları finansman hiyerarşisi teorisi ile ödünleşme teorisi çerçevesinde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, Borsa İstanbul'da işlem gören 71 imalat sanayi firmasının 2007–2024 dönemine ait toplam 1.278 firma-yıl gözleminden oluşan dengeli panel veri seti kullanılmıştır. Kaldıraç oranı bağımlı değişken olarak ele alınırken aktif kârlılığı, maddi duran varlık oranı, firma büyüklüğü, cari oran ve satış büyümesi bağımsız değişkenler olarak modele dâhil edilmiştir. Model seçiminde F, Breusch-Pagan LM ve Hausman testlerinden yararlanılmış ve sabit etkiler modelinin uygun olduğu belirlenmiştir. Yıl etkilerinin anlamlı bulunması nedeniyle zaman etkileri de modele dâhil edilmiştir. Modelin hata yapısına yönelik tanısal incelemelerde değiştirilmiş Wald ve Pesaran CD testleri ile otokorelasyon istatistiklerinden yararlanılmış, değişen varyans, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı tespit edilmesi üzerine nihai tahmin, Driscoll-Kraay standart hataları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bulgular, aktif kârlılığı, maddi duran varlık oranı ve cari oran ile kaldıraç oranı arasında negatif ve istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler bulunduğunu ortaya koymaktadır. Buna karşılık, firma büyüklüğü ve satış büyümesinin katsayıları istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Aktif kârlılığı ve cari orana ilişkin bulgular finansman hiyerarşisi teorisinin beklentileriyle uyumludur. Maddi duran varlık oranının negatif katsayısı ise ödünleşme teorisinin teminat değerinin borçlanmayı artıracağı yönündeki beklentisini desteklememektedir. Genel olarak sonuçlar, incelenen firmaların sermaye yapısı kararlarının açıklanmasında finansman hiyerarşisi teorisinin ödünleşme teorisine kıyasla daha fazla destek gördüğünü ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Sermaye yapısı, kaldıraç oranı, finansman hiyerarşisi teorisi, ödünleşme teorisi, panel veri analizi

DETERMINANTS OF CAPITAL STRUCTURE IN MANUFACTURING FIRMS LISTED ON BORSA ISTANBUL: AN EMPIRICAL EXAMINATION FROM THE PERSPECTIVE OF THE PECKING ORDER AND TRADE-OFF THEORIES

ABSTRACT

This study aims to identify the firm-level factors affecting firms' capital structure decisions and to evaluate the findings within the framework of pecking order theory and trade-off theory. Accordingly, a balanced panel dataset consisting of a total of 1.278 firm-year observations for the 2007–2024 period from 71 manufacturing firms listed on Borsa Istanbul was used. While the leverage ratio was considered as the dependent variable, return on assets, tangible fixed asset ratio, firm size, current ratio and sales growth were included in the model as independent variables. F, Breusch-Pagan LM and Hausman tests were used for model selection and the fixed effects model was determined to be appropriate. Since year effects were found to be significant, time effects were also included in the model. In diagnostic examinations of the model's error structure, the modified Wald and Pesaran CD tests and autocorrelation statistics were used, and upon detecting heteroskedasticity, autocorrelation and cross-sectional dependence, the final estimation was performed using Driscoll-Kraay standard errors. The findings reveal that return on assets, tangible fixed asset ratio and current ratio have a negative and statistically significant relationship with the leverage ratio. In contrast, the coefficients of firm size and sales growth were not found to be statistically significant. The findings regarding return on assets and current ratio are consistent with the expectations of pecking order theory. The negative coefficient of the tangible fixed asset ratio, however, does not support the expectation of trade-off theory that collateral value will increase borrowing. Overall, the results reveal that pecking order theory receives greater support than trade-off theory in explaining the capital structure decisions of the firms examined.

Keywords: Capital structure, leverage, pecking order theory, trade-off theory, panel data analysis

TEKNOLOJİ KULLANIMI VE İDEAL EVLİLİK ALGISI: DİJİTAL ÇAĞDA İLİŞKİ BEKLENTİLERİNİN DÖNÜŞÜMÜ

Doç. Dr. Kemal Özcan
Ondokuz Mayıs University, Faculty of Education, Department of Educational Sciences, Samsun
ORCID ID: 0000-0003-4675-218X
Psk.Dan. İpek Ersin
Ondokuz Mayıs University, Graduate Institute, Marriage and Family Counseling, Samsun
ORCID ID: 0000-0001-5303-3680
Psk.Dan. Şura Kama Koç
Ondokuz Mayıs University, Graduate Institute, Marriage and Family Counseling, Samsun
ORCID ID: 0000-0002-7910-3461
Aile Dan. Gökhan Liman
Ondokuz Mayıs University, Graduate Institute, Marriage and Family Counseling, Samsun
ORCID ID: 0009-0001-3070-2076
Psikolog Eren Yıldız
Ondokuz Mayıs University, Graduate Institute, Marriage and Family Counseling, Samsun
ORCID ID: 0000-0002-7910-3461

ÖZET

Dijitalleşme, evlilik içindeki iletişim biçimlerini değiştirirken bireylerin "ideal eş", "ideal ilişki" ve evlilikten bekledikleri duygusal yakınlığa dair düşüncelerini de etkiliyor. Akıllı telefonlar, sosyal medya platformları ve kısa video içerikleri; eşler arasındaki dikkat, mahremiyet, karşılıklı ilgi ve ilişki doyumu üzerinde yeni sorunlar ve yeni imkânlar ortaya çıkarıyor. Bu çalışmanın amacı, teknoloji kullanımının ideal evlilik algısı ve ilişki beklentileri üzerindeki etkisini mevcut literatür üzerinden incelemektir. Çalışma nitel bir literatür taraması/derleme niteliğindedir. Google Akademik, DergiPark, YÖK Tez Merkezi ve üniversite veri tabanlarında yer alan makale, tez, kitap ve bildiriler incelenmiş; güncelliği nedeniyle özellikle 2020-2026 yılları arasındaki çalışmalara öncelik verilmiştir. Kaynaklar; evlilik doyumu, sosyotelizm, akıllı telefon kullanımı, sosyal medya temsilleri, kuşaklararası evlilik algısı ve dijital mahremiyet başlıkları altında değerlendirilmiştir. İncelenen çalışmalar, yoğun ve kontrolsüz teknoloji kullanımının eşler arasındaki yüz yüze iletişimi zayıflatabildiğini, partnerde ihmal edilme duygusunu artırabildiğini ve ilişki doyumuyla olumsuz yönde ilişkili olabildiğini göstermektedir. Özellikle sosyotelizm, eşler aynı ortamdayken bile dikkatin ilişki yerine telefona yönelmesi nedeniyle küçük görünen ancak zamanla biriken bir iletişim sorunu hâline gelebilmektedir. Sosyal medyada dolaşıma giren seçilmiş ve idealize edilmiş ilişki görüntüleri ise bireylerin kendi evliliklerini bu temsillerle karşılaştırmasına ve gerçekçi olmayan beklentiler geliştirmesine yol açabilmektedir. Özellikle kısa video kültürü, ilişkinin sabır, sorumluluk, çatışma çözme ve gündelik emek gibi daha az görünür yönlerini geri plana itebilmektedir. Kuşaklar arasında evlilikten beklenen yakınlık,

kişisel alan ve sorumluluk anlayışının farklılaşması da bu tabloyu etkileyen bir başka unsurdur. Bununla birlikte teknoloji, sınırları birlikte belirlenerek ve ilişkinin ihtiyaçları gözetilerek kullanıldığında iletişimi kolaylaştırabilir ve yakınlığı destekleyebilir. Sonuç olarak dijitalleşme, evliliği tek başına zayıflatan bir etken olarak değil, kullanım biçimine göre ilişkiyi güçlendirebilen ya da eşler arasında mesafe oluşturabilen bir unsur olarak ele alınmalıdır.

Anahtar kelimeler: Dijitalleşme, evlilik algısı, evlilik doyumu, sosyotelizm, sosyal medya.

TECHNOLOGY USE AND THE PERCEPTION OF IDEAL MARRIAGE: THE TRANSFORMATION OF RELATIONSHIP EXPECTATIONS IN THE DIGITAL AGE

ABSTRACT

Digitalization is changing communication within marriage while also shaping how individuals think about the “ideal spouse,” the “ideal relationship,” and the emotional closeness they expect from marriage. Smartphones, social media platforms, and short-form video content create both new possibilities and new challenges for attention, privacy, mutual interest, and relationship satisfaction between spouses. This study examines the effect of technology use on perceptions of ideal marriage and relationship expectations through the existing literature. It is designed as a qualitative literature review. Articles, theses, books, and conference papers available through Google Scholar, DergiPark, the Council of Higher Education Thesis Center, and university databases were reviewed, with particular attention to studies published between 2020 and 2026. The sources were considered under the themes of marital satisfaction, phubbing, smartphone use, social media representations, intergenerational perceptions of marriage, and digital privacy. The reviewed studies suggest that intensive and uncontrolled technology use may weaken face-to-face communication, increase feelings of neglect in a partner, and be negatively associated with relationship satisfaction. Phubbing is especially important because directing attention to a phone while spouses are together may appear minor at first but can accumulate into a recurring communication problem. Idealized and selectively presented relationships on social media may also encourage people to compare their marriages with mediated images and develop unrealistic expectations. Short-form video culture can further push less visible aspects of relationships, such as patience, responsibility, conflict resolution, and everyday effort, into the background. Differences between generations in expectations about closeness, personal space, and responsibility also shape this picture. At the same time, technology can facilitate communication and support closeness when couples set boundaries together and use it with regard to the needs of the relationship. Digitalization should therefore be understood not as a

force that weakens marriage on its own, but as a factor whose effects depend largely on how it is used.

Keywords: Digitalization, perception of marriage, marital satisfaction, phubbing, social media.

İLETİŞİM BECERİLERİNİN YAKIN İLİŞKİLERDEKİ ROLÜ

Doç. Dr. Kemal Özcan
Ondokuz Mayıs University, Faculty of Education, Department of Educational Sciences, Samsun
ORCID ID: 0000-0003-4675-218X
Psk.Dan.Nagehan Karakuş
Ondokuz Mayıs University, Graduate Institute, Marriage and Family Counseling, Samsun
ORCID ID: 0009-0003-0894-2369
Psk.Dan.Ülkü Tulum
Ondokuz Mayıs University, Graduate Institute, Marriage and Family Counseling, Samsun
ORCID ID: 0009-0008-6883-3013

ÖZET

Bu çalışmada, insan yaşamının temel bir ihtiyacı olan iletişim becerilerinin, kişilerin inşa ettikleri yakın ilişkilerin niteliği, sürekliliği ve psikolojik etkileri üzerindeki belirleyici rolünü mevcut literatür doğrultusunda analiz etmeyi amaçlamaktadır. Yapılan çalışmada öncelikle iletişim, bilgi, duygu ve düşüncelerin semboller vasıtasıyla aktarıldığı; sosyal uyum ve kendini gerçekleştirme süreçlerini destekleyen aktif bir sistem olarak tanımlanmıştır. Yakın ilişkiler ise aidiyet, değerli olma algısı, güven ve anlaşıldığını hissetme gibi temel psikolojik ihtiyaçların giderildiği, bireylerin benlik algılarını karşılıklı etkileşim yoluyla şekillendiren etkileşimsel ilişkiler olarak ele alınmıştır. Literatür taraması, sağlıklı bir yakın ilişki sürdürebilmek için etkin dinleme, empati, ben dili kullanımı, açık ve şeffaf ifade biçimleri ile sözlü ve sözlü olmayan iletiler arasındaki uyumun hayati bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma ayrıca, yakın ilişkilerin sosyal psikolojik temellerine odaklanarak, iletişim becerilerinin çatışmalarla başa çıkma, duygusal yakınlığın güçlendirilmesi ve güvenin oluşturulması süreçlerindeki işlevsel rollerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmektedir. Araştırma bulguları, iletişim yeterliklerinin yalnızca iletişimi sağlamaya yönelik bir araç olmadığını, aynı zamanda ilişki doyumunu artırarak bireylerin ruhsal ve fiziksel sağlığını koruyan önemli bir işlev üstlendiğini göstermektedir. Sonuç olarak, tarafların etkili iletişim becerileri geliştirmeleri ve bu becerileri günlük yaşamın bir parçası haline getirmeleri yoluyla sağlıklı ve uzun ömürlü yakın ilişkilerin mümkün olduğu vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İletişim, yakın ilişki, iletişim becerileri, kişilerarası etkileşim

THE ROLE OF COMMUNICATION SKILLS IN CLOSE RELATIONSHIPS

ABSTRACT

In this study aims to analyze the decisive role of communication skills—a fundamental need in human life—on the quality, continuity, and psychological effects of close relationships established by individuals, in line with the existing literature. In the study, communication is first defined as an active system through which information, emotions, and thoughts are transmitted via symbols, supporting social adaptation and self-actualization processes. Close

relationships, on the other hand, are addressed as interactive relationships that meet fundamental psychological needs such as belonging, the perception of being valued, trust, and feeling understood, thereby shaping individuals' self-perceptions through mutual interaction. The literature review reveals that active listening, empathy, the use of "I-language," open and transparent forms of expression, and the alignment between verbal and non-verbal messages are of vital importance for maintaining a healthy close relationship. Furthermore, focusing on the social-psychological foundations of close relationships, the study comprehensively evaluates the functional roles of communication skills in processes such as coping with conflicts, strengthening emotional intimacy, and building trust. Research findings indicate that communication competencies are not merely tools for establishing communication, but also undertake a significant function that protects individuals' mental and physical health by increasing relationship satisfaction. Consequently, it is emphasized that healthy and long-lasting close relationships are possible through parties developing effective communication skills and making these skills a part of daily life.

Keywords: Communication, close relationship, communication skills, interpersonal interaction

İŞIĞIN KVANT KİMYASI: MOLEKULYAR QURULUŞ ENERJİ, RƏNG VƏ FOTOKİMYƏVİ REAKTİVLİYİ NECƏ İDARƏ EDİR?

Aytəkin Pənahova

The Quantum Chemistry of Light: How Molecular Structure Controls Energy, Color, and Photochemical Reactivity

Elmi istiqamət: Biologiya, biokimya və molekulyar elmlər

Xülasə

İşıq və maddə arasındakı qarşılıqlı təsir molekulların elektron quruluşu ilə sıx əlaqədardır. Molekulun kimyəvi quruluşu, xüsusilə π-elektron sisteminin xarakteri, konjuqasiya dərəcəsi, funksional qrupları və elektronların enerji səviyyələri onun hansı dalğa uzunluğunda işığı udacağını, hansı rəngdə görünəcəyini və işıq enerjisinin hansı fotokimyəvi proseslərə yönələcəyini müəyyənləşdirir. Kvant kimyası bu prosesləri molekulların elektron keçidləri və enerji səviyyələri əsasında izah etməyə imkan verir. Bu tezisdə molekulyar quruluş ilə işığın udulması, rəngin yaranması və fotokimyəvi reaktivlik arasındakı əlaqə nəzərdən keçirilir. Xüsusilə xromoforlar, konjuqə sistemlər, HOMO–LUMO enerji fərqi və həyəcanlanmış elektron vəziyyətlərinin rolu izah edilir. Bitki mənşəli xlorofillər, karotenoidlər və flavonoidlər nümunəsində molekulyar quruluşun işıqla qarşılıqlı təsiri və bioloji əhəmiyyəti təhlil olunur.

Açar sözlər: kvant kimyası, işıq, molekulyar quruluş, HOMO–LUMO, xromofor, konjuqasiya, fotokimya, bitki piqmentləri, flavonoidlər, xlorofil.

Giriş

İşığın molekullarla qarşılıqlı təsiri kimya, biologiya və materialşünaslığın fundamental problemlərindən biridir. Molekul işıqla qarşılıqlı təsirə girdikdə fotonun enerjisi molekulun enerji səviyyələri arasındakı fərqə uyğun gəldiyi halda elektron keçidi baş verə bilər. Bu proses nəticəsində molekul əsas vəziyyətdən həyəcanlanmış vəziyyətə keçir və sonrakı enerji ötürülməsi, elektron transferi və ya kimyəvi reaksiyalar mümkün olur. Molekulların işığı udma xüsusiyyətləri onların quruluşundan asılıdır. Xüsusilə geniş konjuqə π-elektron sistemləri olan molekullarda elektronların delokallaşması enerji səviyyələri arasındakı fərqi dəyişdirir. Bu səbəbdən molekulyar quruluşda kiçik dəyişiklik belə udulma spektrində və maddənin optik xüsusiyyətlərində əhəmiyyətli dəyişiklik yarada bilər. Bitkilər bu prinsipin təbiətdəki ən maraqlı nümunələrindəndir. Xlorofil fotosintez üçün işıq enerjisinin tutulmasında, karotenoidlər işıq enerjisinin ötürülməsi və fotoproteksiyada, flavonoidlər isə ultrabənövşəyi şüaların udulması və oksidləşdirici stresə qarşı müdafiədə mühüm rol oynayır.

Molekulyar quruluş və enerji səviyyələri

Kvant kimyasına əsasən elektronlar molekul daxilində istənilən enerjiyə deyil, müəyyən enerji səviyyələrinə malik ola bilərlər. Əsas vəziyyətdə elektronlar daha aşağı enerji səviyyələrində yerləşir. Molekul müəyyən enerjiyə malik fotonu udduqda elektron daha yüksək enerji səviyyəsinə keçə bilər.
Molekulyar orbitallar arasında elektron keçidlərinin baş verməsi əsasən onların enerji fərqindən asılıdır. Sadələşdirilmiş şəkildə bu proses HOMO və LUMO anlayışları ilə ifadə edilə bilər. HOMO ən yüksək enerjili tutulmuş molekulyar orbitalı, LUMO isə ən aşağı enerjili boş molekulyar orbitalı ifadə edir.
HOMO–LUMO enerji fərqi azaldıqca daha aşağı enerjili, yəni daha uzun dalğa uzunluğuna malik işığın udulması mümkün olur. Bu prinsip xüsusilə konjuqə üzvi molekulların optik xüsusiyyətlərinin izahında əhəmiyyətlidir.

Konjuqasiya və rəngin yaranması

Molekulda alternativ tək və ikiqat rabitələrin yaratdığı konjuqə sistem elektronların daha geniş sahədə delokallaşmasına şərait yaradır. Konjuqasiya sisteminin genişlənməsi elektron enerji səviyyələrinin dəyişməsinə və elektron keçidlərinin daha aşağı enerjili fotonlarla baş verməsinə səbəb ola bilər.
Bu hadisə bitki piqmentlərinin rənginin molekulyar səviyyədə izah edilməsinə imkan verir. Piqment müəyyən dalğa uzunluqlarındakı işığı udur, digər dalğa uzunluqları isə əks etdirilir və ya ötürülür. İnsan gözü tərəfindən qəbul edilən rəng həmin spektral xüsusiyyətlərin nəticəsidir. Antosianinlər bunun yaxşı nümunəsidir. Onların rəngi yalnız molekulun əsas quruluşundan deyil, həm də pH, metal ionları və digər molekullarla ko-piqmentasiya kimi amillərdən asılı ola bilər. Buna görə eyni piqment müxtəlif mühitlərdə qırmızı, bənövşəyi və ya mavi çalarlarda görünə bilər.

Xromoforların rolu

Molekulun işığı intensiv şəkildə udan hissəsi xromofor adlanır. Xromoforun elektron quruluşu onun hansı dalğa uzunluğunda enerji udacağını müəyyən edən əsas amillərdən biridir. Xromoforda konjuqasiya dərəcəsinin artması, elektronverici və ya elektronçəkici qrupların mövcudluğu molekulun elektron paylanmasına təsir göstərir. Nəticədə udulma maksimumunun dalğa uzunluğu dəyişə bilər. Bu hadisə spektroskopik analizlərdə molekulların quruluşu haqqında məlumat əldə etmək üçün istifadə olunur.
Beləliklə, molekulyar quruluş ilə optik xüsusiyyətlər arasında birbaşa əlaqə yaranır:

Molekulyar quruluş → elektron quruluş → enerji fərqi → işığın udulması → rəng və fotokimyəvi reaktivlik.

Bitki piqmentləri və işığın kvant kimyası

Bitki piqmentləri işıq və molekulyar quruluş arasındakı əlaqənin təbii laboratoriyası hesab edilə bilər. Xlorofillər fotosintez zamanı işıq enerjisinin tutulmasında əsas piqmentlərdən biridir. Karotenoidlər isə işığın udulması və artıq işıq enerjisindən qorunma proseslərində iştirak edir.

Flavonoidlər də işıqla qarşılıqlı təsirdə mühüm rol oynayır. Flavonoidlərin böyük hissəsi ultrabənövşəyi diapazonda işığı udur və onların bitkinin epidermal toxumalarında toplanması UV şüalanmasına qarşı qoruyucu mexanizmlərdən biri hesab olunur. Bəzi flavonoidlər, xüsusilə antosianinlər, görünən işıq diapazonunda da udulma nümayiş etdirərək bitkilərin rənglərinin formalaşmasına töhfə verir.

Bu molekulların funksiyası yalnız rəng yaratmaqla məhdudlaşmır. Flavonoidlərin müəyyən nümayəndələri yüksək işıq şəraitində yaranan reaktiv oksigen növlərinin zərərsizləşdirilməsində iştirak edə bilər. Bu baxımdan onların molekulyar quruluşu həm optik, həm də antioksidant xüsusiyyətlərin formalaşmasında mühüm rol oynayır.

Həyəcanlanmış vəziyyət və fotokimyəvi reaktivlik

Molekul fotonu udduqda onun elektronlarından biri daha yüksək enerji vəziyyətinə keçə bilər. Həyəcanlanmış molekul əsas vəziyyətdəki molekuldan fərqli kimyəvi xüsusiyyətlər nümayiş etdirə bilər.

Həyəcanlanmış vəziyyətin enerjisi müxtəlif yollarla sərf oluna bilər: istilik şəklində dissipasiya, flüoresensiya və ya fosforesensiya, başqa molekula enerji ötürülməsi, elektron transferi və kimyəvi reaksiyanın başlanması.

Fotokimyəvi reaksiyalarda molekulun ilkin quruluşu və həyəcanlanmış vəziyyətinin xüsusiyyətləri reaksiyanın istiqamətinə ciddi təsir göstərir. Bitki mənşəli fitokimyəvi maddələrdə işıq təsiri altında birbaşa fotoçevrilmə və ya fotosensibilizasiya yolu ilə oksidləşmə prosesləri baş verə bilər. Fitokimyəvi maddələrin fotooksidləşməsi bir sıra hallarda onların qida məhsullarında sabitliyinə və keyfiyyətinə də təsir göstərir.

Flavonoidlərin fotokimyası da bu baxımdan xüsusi maraq doğurur. Müxtəlif flavonoid siniflərinin işıq təsiri altında oksidləşmə, oksigenləşmə və digər fotokimyəvi transformasiyalara məruz qala bildiyi göstərilmişdir.

Bioloji və praktiki əhəmiyyət

Molekulyar quruluş–işıq əlaqəsinin öyrənilməsi bir sıra elmi və tətbiqi istiqamətlər üçün əhəmiyyətlidir. Bitkilərdə fotoprotektiv mexanizmlərin başa düşülməsi, təbii piqmentlərin öyrənilməsi, qida məhsullarında işığa həssas bioloji aktiv maddələrin qorunması, fotodinamik proseslərin idarə olunması və yeni optik materialların hazırlanması bu istiqamətlərə nümunədir.

Müasir tədqiqatlarda bitki piqmentləri yalnız təbii rəng mənbəyi kimi deyil, həm də bioloji aktiv və funksional molekullar kimi qiymətləndirilir. Flavonoidlərin, antosianinlərin və digər bitki mənşəli piqmentlərin quruluşunun dəyişdirilməsi onların optik və kimyəvi xüsusiyyətlərinin dəyişməsinə səbəb ola bilər. Bu isə gələcəkdə qida texnologiyası, farmasiya, biotexnologiya və materialşünaslıqda yeni tətbiqlərin inkişafına imkan yarada bilər.

Nəticə

İşığın molekullarla qarşılıqlı təsiri molekulyar quruluşun kvant səviyyəsində xüsusiyyətləri ilə müəyyən olunur. Xromoforların quruluşu, π-elektronların delokallaşması, konjuqasiya dərəcəsi və HOMO–LUMO enerji fərqi molekulun işığı hansı şəkildə udacağını və həyəcanlanmış vəziyyətdə necə davranacağını müəyyən edən əsas amillərdəndir. Bitki piqmentləri bu fundamental qanunauyğunluqların canlı sistemlərdəki təbii nümunəsidir. Xlorofil və karotenoidlər fotosintetik və fotoprotektiv proseslərdə, flavonoidlər isə UV şüalanmasından müdafiə, antioksidant mexanizmlər və bitki rənglərinin formalaşmasında mühüm rol oynayır.

Beləliklə, molekulyar quruluş → elektron enerji səviyyələri → işığın udulması → rəng → həyəcanlanmış vəziyyət → fotokimyəvi reaktivlik ardıcıllığı işıq və maddə arasındakı əlaqənin fundamental mexanizmini ifadə edir. Bu yanaşmanın inkişaf etdirilməsi təbii piqmentlərin və digər bioaktiv molekulların daha dərindən öyrənilməsinə, onların biotexnologiya, qida, farmasiya və digər sahələrdə tətbiq imkanlarının genişləndirilməsinə şərait yaradır.

Ədəbiyyat

1. Sisa, M., Bonnet, S. L., Ferreira, D., van der Westhuizen, J. H. (2010). Photochemistry of flavonoids. Molecules, 15(8), 5196–5245.
2. Agati, G. et al. (2013). Functional roles of flavonoids in photoprotection: new evidence, lessons from the past. Plant Physiology and Biochemistry.
3. Iwashina, T. (2015). Contribution to flower colors of flavonoids including anthocyanins: a review. Natural Product Communications, 10(3), 529–544.
4. Lu, B., Zhao, Y. (2017). Photooxidation of phytochemicals in food and control: a review. Annals of the New York Academy of Sciences, 1398(1), 72–82.
5. Jiang, N., Grotewold, E. (2025). Flavonoids and Derived Anthocyanin Pigments in Plants—Structure, Distribution, Function, and Methods for Quantification and Characterization. Cold Spring Harbor Protocols.

6. Mao, Y., Luo, J., Cai, Z. (2025). Biosynthesis and Regulatory Mechanisms of Plant Flavonoids: A Review. Plants, 14(12), 1847.
7. Grotewold, E. et al. Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids. The Plant Journal.

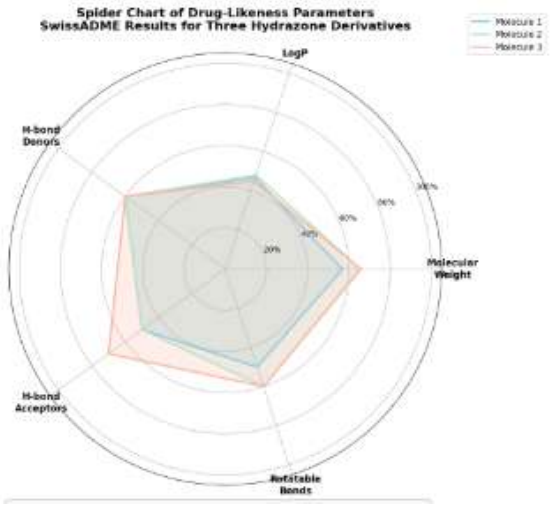
EVALUATION OF THE COMPLIANCE OF INVESTIGATED ISOPHTHALIC ACID DERIVATIVES WITH LIPINSKI'S RULE USING THE SWISSADME PLATFORM

PhD Gulnar Atakishiyeva
Department of Organic Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
Orkide ID: 0000-0002-9659-5218, gumusqiz91.sg@gmail.com
PhD Sevinç Muhtarova
Department of special techniques and technologies, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan,
Orcid ID: 0000-0002-1388-2319, sevinc.muxtarova@aztu.edu.az
Ayten Qajar
Department of Organic Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
Orcid ID: 0009-0002-8219-9668, yusifli.ayten77@yahoo.com
PhD Nigar Ahmedova
Department of Organic Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
Orchid ID: 0009-0009-6245-4837, nigarahmadova91@gmail.com
Irada Shikhaliyeva
Department of Petroleum Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
Orcid ID: 0009-0006-1518-4609, irada.shixaliyeva71@gmail.com
Associate professor Shukufa Eyvazova
Department of chemical technology, recycling and ecology, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan,
Orcid ID: 0009-0005-9848-5919, shukufa.eyvazova@aztu.edu.az
Associate professor Naila Veysova
Department of chemical technology, recycling and ecology, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan
0009-0005-9848-5919, naila.veysova@aztu.edu.az

ABSTRACT

In this thesis, the drug-likeness properties of three isophthalic acid derivatives were evaluated according to Lipinski's rule using the SwissADME platform. Lipinski's rule is widely used in early-stage drug discovery to estimate whether a compound may have suitable physicochemical properties for oral administration. According to the SwissADME results, Molecule 1- *(E)-5-(2-benzylidenehydrazineyl)isophthalic*, Molecule 2-*(E)-5-(2-(4-(dimethylamino)benzylidene)hydrazineyl)isophthalic*, and Molecule 3-*(E)-5-(2-(4-nitrobenzylidene)hydrazineyl)isophthalic acid* comply with Lipinski's rule and show no violations. This means that all three investigated hydrazone derivatives meet the main requirements related to molecular weight, lipophilicity, hydrogen bond donors, and hydrogen bond acceptors. Compliance with Lipinski's rule is an important positive indicator because it suggests that the compounds may have acceptable absorption and permeability properties. In drug design studies, compounds that violate Lipinski's rule may have lower oral bioavailability or poor membrane permeability. Therefore, the absence of violations in all three molecules supports their potential as oral drug candidates. The molecular weight of the investigated compounds remains within the acceptable range for drug-like molecules. In addition, the

number of hydrogen bond donors and acceptors is suitable for maintaining a balance between solubility and membrane permeability. Lipophilicity also plays an important role in the ability of compounds to pass through biological membranes. The results show that all three hydrazone derivatives have favorable properties at the initial stage in terms of drug-likeness. However, Lipinski's rule alone is not sufficient to fully confirm the pharmacological potential of a compound. Therefore, these results should be evaluated together with other SwissADME parameters such as GI absorption, TPSA, bioavailability score, PAINS alerts, and synthetic accessibility. Overall, the SwissADME analysis indicates that the investigated isophthalic acid derivatives demonstrate promising drug-like characteristics and may be considered suitable candidates for further computational and experimental studies.



Keywords

Lipinski's rule, SwissADME, drug-likeness, isophthalic acid, hydrazone derivatives.

MOLECULAR DOCKING INVESTIGATION OF (1,2-DIHYDRONAPHTHO[2,1-B]FURAN-2-YL)(P-TOLYL)METHANONE AGAINST THE 4KFG PROTEIN TARGET

PhD Gulnar Atakishiyeva
Department of Organic Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
Orchid ID: 0000-0002-9659-5218, gulnar.suleymanova.911@gmail.com
PhD Sevinc Mukhtarova
Department of special techniques and technologies, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan,
Orcid ID: 0000-0002-1388-2319, sevinc.muxtarova@aztu.edu.az
Shafiga İbrahimova
Department of Organic Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
Orcid ID: 0009-0008-7739-2598, ibrahimova.shafigaa@gmail.com
Ayten Qajar
Department of Organic Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
Orcid ID: 0009-0002-8219-9668, yusifli.ayten77@yahoo.com
Teymur Sadıxlı
Department of Organic Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
Orcid ID: 0009-0004-7286-5764, 1998sad@gmail.com
Associate professor Sima Musayeva
Department of special techniques and technologies, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan,
Orcid ID: 0000-0002-9482-2405, sima.musayeva@aztu.edu.az
Associate professor Ilhama Hamdullayeva
Department of special techniques and technologies, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan,
Orcid ID: 0009-0001-9343-7185, ilhame.hemdullayeva@aztu.edu.az

ABSTRACT

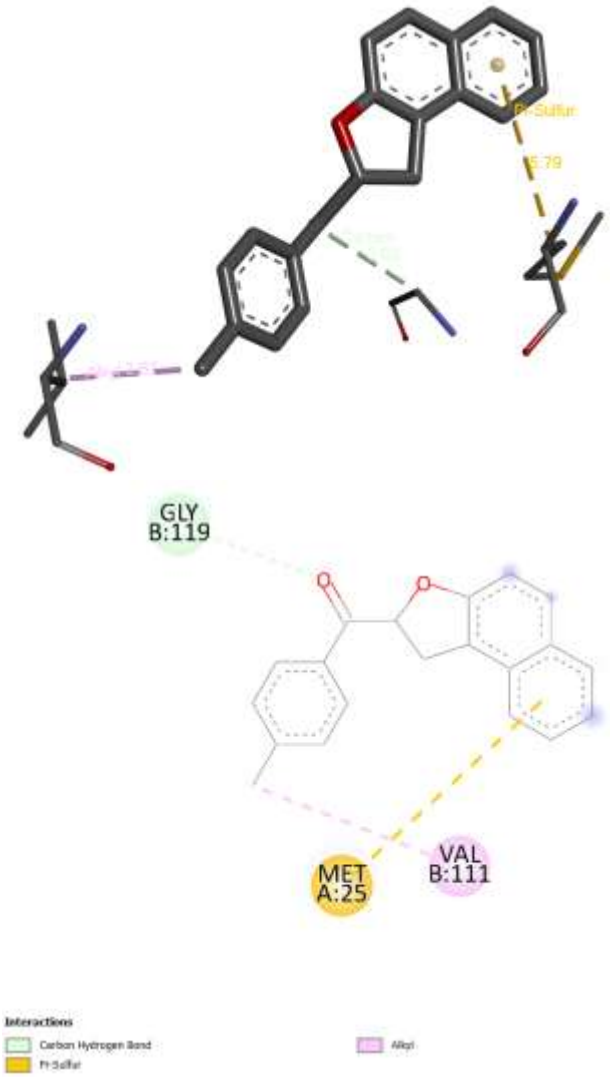
Molecular docking has become an important computational tool in structure-based drug discovery, enabling the prediction of preferred ligand orientations within protein binding regions and the characterization of non-covalent interactions contributing to molecular recognition. In the present study, the binding behavior of (1,2-dihydronaphtho[2,1-b]furan-2-yl)(p-tolyl)methanone (C51) was investigated against the 4KFG protein target using a molecular docking approach. The predicted binding pose was subsequently examined through two-dimensional and three-dimensional interaction analyses to identify the amino acid residues involved in stabilization of the ligand–protein complex.

The interaction analysis revealed that C51 establishes a combination of carbon–hydrogen bonding, π–sulfur, and hydrophobic alkyl interactions within the investigated binding region. A carbon–hydrogen bond was observed with Gly119, with an interaction distance of approximately 3.62 Å, indicating the involvement of this residue in ligand recognition and orientation. The aromatic framework of C51 was additionally involved in a π–sulfur interaction with Met25, with a distance of approximately 5.79 Å. This interaction suggests that the extended π-system of the ligand contributes to its association with the protein through contact

with the sulfur-containing side chain of methionine. Furthermore, Val111 participated in an alkyl hydrophobic interaction at approximately 3.67 Å, providing an additional non-polar contribution to stabilization of the predicted complex.

The two-dimensional interaction map was consistent with the corresponding three-dimensional binding representation and demonstrated the complementary contribution of the oxygen-containing functional groups and the hydrophobic aromatic framework of C51 to ligand–protein recognition. The simultaneous occurrence of polar and hydrophobic contacts indicates that the predicted binding mode is supported by multiple types of non-covalent interactions rather than by a single dominant contact.

Overall, the molecular docking findings demonstrate that (1,2-dihydronaphtho[2,1-b]furan-2-yl)(p-tolyl)methanone (C51) can establish several favorable contacts with residues in the investigated binding region of the 4KFG protein. In particular, interactions involving Gly119, Met25, and Val111 provide a structural basis for the predicted association of C51 with the target. These findings support the further investigation of C51 and related molecular scaffolds using complementary computational approaches, including molecular dynamics simulations and binding free-energy calculations, to assess the stability and energetic characteristics of the predicted protein–ligand complex.



Keywords: (1,2-dihydronaphtho[2,1-b]furan-2-yl)(p-tolyl)methanone; C51; molecular docking; 4KFG; protein–ligand interactions; π–sulfur interaction; hydrophobic interactions; structure-based drug discovery.

SIFIR ATIK KAPSAMINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR SU YÖNETİMİ

Fatma TÜRKER
Niğde Ömer Halisdemir University, 51240 Merkez, Niğde
ORCID ID: 0009-0007-1493-0718

ÖZET

Çeşitli antropojenik veya doğal süreçler sonucunda oluşan atıkların verimli kullanılmasını, miktarının azaltılmasını ve atık oluşumunu en aza indirmek için yeniden tasarlanmasını amaçlayan felsefe sıfır atık olarak tanımlanmaktadır. Sıfır atık gibi yenilikçi fikir ve felsefelerin uygulanmasıyla küresel atık sorunlarının çözümüne yönelik ilgi giderek artmaktadır. Su yönetimi özellikle hızlı kentleşme ve iklim değişikliği gibi nedenlerle daha zor duruma gelmekte ve sürdürülebilirliğin sağlanması açısından büyük önem arz etmektedir. Gelecek yıllarda sürdürülebilirlik açısından önemli olan su kıtlığı sorununu çözmenin veya azaltmanın zorunluluk haline gelebileceği düşünülmektedir. Sıfır atık kapsamında su yönetimi ile atık sularda patojenler, ağır metaller ve organik maddeler azaltılabilmekte olup, su, enerji ve değerli maddelerin geri kazanılmasına yönelik sürdürülebilir bir yaklaşım sunmaktadır. Sıfır atık felsefesi doğrultusunda su yönetiminin ekonomik olarak uygulanabilir olabileceği düşünülmekte olup, önemli miktarda ürünün geri kazanımı sağlanabilecektir. Su yönetimi ve güvenli içme suyunun sağlanması insan sağlığı açısından elzem bir konudur. Küresel nüfusun yaklaşık olarak %13'ü hâlâ güvenli içme suyu kaynaklarına erişememekte olup, ilgili durum sıfır atık kapsamında su yönetiminin ne kadar önemli olduğunun indikatörü olarak düşünülmektedir. Gelecekte su yönetiminde biyoloji, biyoteknoloji, mikrobiyoloji ve kimya mühendisliği gibi güncel bilim alanlarından veya teknolojilerinden faydalanılarak planlamaların oluşturulmasıyla sıfır atık felsefesi doğrultusunda su kıtlıklarının önlenmesi veya sürdürülebilir su kullanımının sağlanabileceği öngörülmektedir.

Anahtar kelimeler: Atık yönetimi, çevre sağlığı, ekolojik risk, sıfır atık, su yönetimi

SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT WITHIN THE ZERO WASTE SCOPE

ABSTRACT

The philosophy that aims to ensure the efficient use of waste generated by various anthropogenic or natural processes, reduce its volume, and redesign systems to minimize waste generation is defined as "zero waste." Interest in solving global waste problems through the implementation of innovative ideas and philosophies such as "zero waste" is steadily increasing. Water management is becoming increasingly challenging, particularly due to rapid urbanization and climate change, and is of great importance for ensuring sustainability. It is believed that addressing or mitigating water shortages—which are critical to sustainability—

may become a necessity in the coming years. Within the framework of zero waste, water management can reduce pathogens, heavy metals, and organic matter in wastewater, offering a sustainable approach to the recovery of water, energy, and valuable materials. It is believed that water management can be economically viable in line with the zero-waste philosophy, and that a significant amount of resources can be recovered. Water management and the provision of safe drinking water are essential for human health. Approximately 13% of the global population still lacks access to safe drinking water, and this situation is considered an indicator of just how important water management is within the context of the zero-waste framework. It is anticipated that, in the future, by developing plans that draw on current scientific fields and technologies—such as biology, biotechnology, microbiology, and chemical engineering—in water management, it will be possible to prevent water shortages or ensure sustainable water use in line with the zero-waste philosophy.

Keywords: Waste management, environmental health, ecological risk, zero waste, water management

ERTELENMİŞ EPİGRAFİK YAKINSAKLIK ALTINDA YAKLAŞIK MİNİMİZERLERİN KARARLILIĞI

Dr. Öğr. Üyesi Şükrü TORTOP
Afyon Kocatepe University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, 03200 Afyonkarahisar, Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-5342-7612

ÖZET

Bu çalışmada, ertelenmiş epigrafik yakınsaklık altında yaklaşık minimizerlerin kararlılığı incelenmektedir. Epigrafların ertelenmiş Kuratowski yakınsaklığı aracılığıyla tanımlanan ertelenmiş epi-yakınsaklık, alt yarı sürekli fonksiyon dizilerinin limit davranışını hareketli $(p_n, q_n]$ indis aralıkları üzerindeki ortalama uzaklıklar yardımıyla belirlemeye olanak sağlayan esnek bir çerçeve sunmaktadır. Bir metrik uzay üzerinde tanımlı uygun alt yarı sürekli fonksiyonlardan oluşan (f_n) dizisinin bir f fonksiyonuna ertelenmiş epi-yakınsak olduğu varsayılsın. Yaklaşık minimizer kümeleri

$$M_{\varepsilon_n}(f_n) = \left\{x \in X : f_n(x) \leq \inf_X f_n + \varepsilon_n\right\},$$

şeklinde ele alınarak, bu genelleştirilmiş epigrafik yakınsaklık altında yaklaşık optimal çözümlerin davranışı araştırılmaktadır. İnfimum değerleri üzerinde doğal bir uyumluluk koşulu ve hata dizisi (ε_n) için ertelenmiş anlamda sıfıra gitme koşulu altında, yaklaşık minimizer kümelerinin ertelenmiş üst Kuratowski limitinin, limit fonksiyonunun minimizer kümesinin içinde kaldığı gösterilmektedir. Ayrıca, limit fonksiyonunun her minimizerine, uzaklık ve optimallik hataları ertelenmiş Cesàro anlamında sıfıra yaklaşan bir diziyle yaklaşılabildiği gösterilmektedir. Son olarak, klasik epi-yakınsaklığın sağlanmadığı; buna karşılık ertelenmiş epi-yakınsaklığın ve buna bağlı olarak yaklaşık minimizerlerin kararlılığının geçerli olduğu bir örnek sunulmaktadır. Böylece ertelenmiş epi-yakınsaklığın, klasik epigrafik yakınsaklığın algılayamadığı bazı limit davranışlarını koruyarak yaklaşık minimizasyon problemleri için uygun bir kararlılık çerçevesi sunduğu gösterilmektedir.

Anahtar kelimeler: Ertelenmiş epi-yakınsaklık, yaklaşık minimizer, Kuratowski yakınsaklık, varyasyonel yakınsaklık

STABILITY OF APPROXIMATE MINIMIZERS UNDER DEFERRED EPIGRAPHICAL CONVERGENCE

ABSTRACT

We investigate the stability of approximate minimizers under deferred epigraphical convergence. The notion of deferred epi-convergence, introduced through deferred Kuratowski convergence of epigraphs, provides a flexible framework in which the limiting behaviour of a sequence of lower semicontinuous functions is detected by averaged distances over moving index intervals $(p_n, q_n]$. Let (f_n) be a sequence of proper lower semicontinuous functions on a metric space and suppose that (f_n) is deferred epi-convergent to a function f. By considering the approximate minimizer sets

$$M_{\varepsilon_n}(f_n) = \left\{x \in X : f_n(x) \leq \inf_X f_n + \varepsilon_n\right\},$$

we study the behaviour of nearly optimal solutions under this generalized mode of epigraphical convergence. Under a natural compatibility condition on the infimum values and a deferred vanishing condition on the error sequence (ε_n), we prove that the deferred upper Kuratowski limit of the approximate minimizer sets is contained in the set of minimizers of the limit function. We also establish a recovery result showing that every minimizer of the limit function can be approximated, in the deferred Cesàro sense, by a sequence whose distances from the minimizer and whose optimality gaps vanish in deferred mean. Finally, an example is presented in which ordinary epi-convergence fails, while deferred epi-convergence and the corresponding stability of approximate minimizers still hold. Thus, deferred epi-convergence provides a suitable stability framework for approximate minimization problems by capturing limiting behaviour that ordinary epigraphical convergence may fail to detect.

Keywords: Deferred epi-convergence, approximate minimizer, Kuratowski convergence, variational convergence

DETERMINATION OF NUTRITIONAL VALUES AND STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF MASCARPONE CHEESES ENRICHED WITH OLEASTER SEED AND BLACK GRAPE SEED POWDERS

Res. Asst. PhD Burak BAYRAK
Atatürk University, Faculty of Pharmacy, Department of Analytical Chemistry, 25240, Erzurum, Türkiye
burak.bayrak@atauni.edu.tr - https://orcid.org/0000-0001-6550-6916
Master's Student Zeynep Çağla TEKGÜL
Atatürk University, Institute of Science, Department of Food Engineering, 25240, Erzurum, Türkiye,
tekgulcagla@gmail.com - https://orcid.org/0009-0003-6462-5042
Asst. Prof. Murat Emre TERZİOĞLU*
Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, 25240, Erzurum, Türkiye
murat.terzioglu@atauni.edu.tr - https://orcid.org/0000-0001-6370-0694
*Corresponding Author: Murat Emre TERZİOĞLU

ABSTRACT

In the present study, changes in the physicochemical and molecular structure of mascarpone cheese samples supplemented with 1.5% and 3% oleaster seed powder and black grape seed powder were investigated. In this context, ash, fat, dry matter, and FTIR analyses were performed on mascarpone cheese samples. The addition of oleaster seed powder and black grape seed powder to mascarpone cheese samples was found to have a statistically very significant ($p<0.01$) effect on fat content and a statistically significant ($p<0.05$) effect on ash content. On the other hand, it was determined that the addition of oleaster seed powder and black grape seed powder to mascarpone cheese samples did not have a statistically significant effect on dry matter content ($p>0.05$). It was determined that all mascarpone samples had ash content ranging from 0.48-0.69%, fat content ranging from 34.00-40.75%, and dry matter content ranging from 54.38-56.13%. Furthermore, it was determined that the ash and dry matter contents increased with the addition of oleaster seed powder and black grape seed powder to mascarpone cheese samples. On the other hand, it was determined that all mascarpone cheese samples had similar molecular structures, although differences were observed in the intensity of some characteristic bands. In conclusion, it has been shown that the type and proportion of seed powders included in the formulation during mascarpone production contribute to its structural and nutritional properties.

Keywords: Mascarpone, oleaster seed powder, black grape seed powder, FTIR analysis, nutritional composition

1. INTRODUCTION

Cheese varieties produced worldwide differ greatly in terms of production techniques and regional origins. Often labeled as a spreadable fresh cheese, mascarpone is an Italian dairy product obtained by acidifying and heat-treating milk cream. This fresh cheese has a soft, creamy, and smooth texture and a slightly acidic taste (Kowalik et al., 2018; Munieweg et al., 2020; Picariello et al., 2025). Citric acid or tartaric acid can be used to acidify cream containing a minimum of 20% milk fat (Carminati et al., 2001). Unlike many other types of cheese, its production does not require starter cultures. Instead, protein denaturation and coagulation are achieved by simultaneously applying acid and heat treatment (Carvalho et al., 2015). Due to its fat content, mascarpone cheese has a limited shelf life of 3 days (Molina et al., 2025).

Grapes are one of the fruits that can be grown in different parts of the world and consumed in various ways (Yayan, 2026). Grape seed powder, a byproduct of grapes which stand out as a source of antioxidants, contains approximately 40% dietary fiber, 11-13% protein, and 22% fatty acids, as well as other important functional components such as 7% phenolic compounds, sterols, and various essential minerals (Çalişkanlar et al., 2024; Yalçın, 2025). Due to their rich chemical composition, abundant availability, and low economic value, they have been selected as sustainable byproduct precursors (Cengiz et al., 2026).

The oleaster is a tree species that can adapt and grow in a wide variety of climatic and environmental conditions. It has characteristic reddish-brown fruits (Asgarzadeh, 2024). This fruit, which has three different anatomical parts, is rich in various vitamins, fatty acids, and dietary fiber, and is beneficial in terms of nutritional value (Çifçi, 2025). This fruit, which is usually consumed dried, is known for its anticholesterol, anti-inflammatory, anti-cancer, cardioprotective, and chemopreventive effects. The carotenoids in its seeds have a stomach-protective effect (Demiray Teymuroğlu, 2022). In addition, oleaster seed powder stands out with its natural plasticizing effect (Akyol, 2026).

The objective of this study is to develop a functional mascarpone cheese by incorporating black grape seed powder, which stands out with its rich chemical composition, and oleaster seed powder, a natural structure-enhancing agent, into the formulation in different ratios The molecular-level interactions and structural modifications that these added by-products form with the mascarpone matrix (protein and fat networks) were characterized by FTIR spectroscopy. In addition, the basic physicochemical parameters (dry matter, ash, fat) of the new formulation were examined, and the potential of industrial by-products to improve quality and structural integrity in food systems was revealed.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials

In this research, cream (İçim, Sakarya, Türkiye) containing 35% milk fat, used as a raw material in mascarpone cheese production; and oleaster seed powder (Şifa Deresi, Karadeniz Baharat Gıda, Mersin, Türkiye) and black grape seed powder (Aksu Vital, Doğal Ürünler Gıda Sanayi, İstanbul, Türkiye), added to the formulation at rates of 1.5-3.0%, were sourced from the Erzurum local market. Citric acid (Merck, Darmstadt, Germany), used to acidify the cream, was supplied.

2.2 Methods

2.2.1. Mascarpone cheese production

To produce mascarpone cheese, the cream was first heated to 85°C and then a citric acid solution (10% citric acid) was added at a rate of 1 mL/100 g for coagulation. The mixture, with the lid closed, was left to rest at room temperature (25°C) for 15 minutes to allow the coagulation reactions to begin. The cheese mass, which lost its initial temperature and clot formation was observed due to the effect of acid, was filtered with the help of cheesecloth at +4°C for 24 hours. After the straining process was complete, the resulting mascarpone cheese was divided into 5 portions for control and other formulation groups. Black grape seed and oleaster seed powders were added to the other groups at concentrations of 1.5% and 3%, respectively. All samples were homogenized by mixing until a smooth consistency was achieved, ensuring complete distribution of the powder components throughout the cheese matrix.

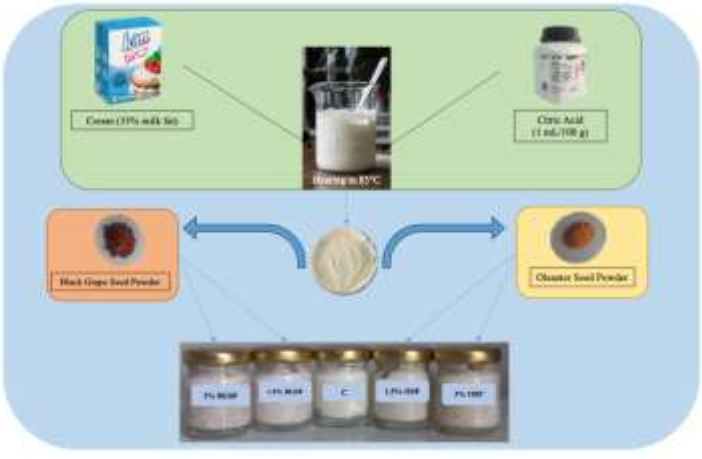


Figure 1. Flowchart of mascarpone cheese production

2.2.2. Physicochemical properties

5 g of mascarpone samples were weighed, placed in drying containers, and dried at 100-105°C to complete the dry matter analysis. In the ash determination process, 1 g of sample was placed

inside porcelain crucible and incinerated in an ash furnace at 500-550°C. As part of the fat analysis of mascarpone samples; firstly, 3 g of cheese sample was weighed and 10 mL of sulfuric acid (1:50) was added to it. To ensure complete dissolution of the cheese matrix, samples were placed in a hot water and homogenized by intermittent vortexing. After the dissolution process, 1 mL of amyl alcohol was added to the mixture, and the total volume was completed with sulfuric acid. The prepared samples were then centrifuged in a Gerber centrifuge at 1200 rpm for 10 minutes to ensure phase separation (Kurt et al., 2015).

2.2.3. Fourier transform infrared (FTIR) analysis

Analyses were performed using an FTIR spectrophotometer (Shimadzu IRSpirit, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) equipped with an ATR (Reduced Total Reflection) accessory. Approximately 2 mg of each sample was placed directly onto the ATR crystal, and care was taken to ensure maximum contact between the sample and the crystal during measurement. All measurements were taken at room temperature. Spectra were recorded in the wavelength range of 4000–400 cm^{-1}; 20 scans were taken for each spectrum, and the average of these 20 scans was calculated. Spectral resolution was set to 4 cm^{-1}, and a background spectrum was obtained before each measurement to eliminate instrument-induced noise. The resulting spectra were processed using the instrument hardware; baseline correction and normalization were performed. Functional group assignments were made considering the characteristic FTIR bands reported in the literature (Socrates, 2004; Stuart, 2004).

2.2.4. Statistical analysis

This study was conducted using a fully randomized factorial design to investigate the effects of adding black grape seed and oleaster seed powders to mascarpone cheese produced from cream containing 35% milk fat. Analysis of variance of the obtained data was performed using the SPSS 25 statistical package program; differences between group means were evaluated using the Duncan multiple comparison test.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Physicochemical properties

The ash, fat, and dry matter results for mascarpone cheese samples are given in Table 1. According to the statistical evaluation of the physicochemical analyses performed; ash content differences were found to be statistically significant ($p<0.05$), fat content differences were statistically very significant ($p<0.01$), while dry matter content differences were not statistically significant ($p>0.05$). When the results of the ash and dry matter analyses were examined, an increase was observed in the enriched mascarpone samples compared to the

control group. In both analyses, the highest results were observed in the samples 3% OSP, with an ash content of 0.69% and a dry matter content of 56.13%. On the other hand, when the fat content analysis results were examined, a decrease in fat content was detected in the enriched mascarpone samples compared to the control group, except for the 1.5% BGSP group. It was observed that as the amount of powder added to mascarpone samples increased, the fat content decreased. In contrast to the increase in dry matter and ash content, the lowest fat content was again found in the mascarpone samples 3% OSP (34%).

Table 1. Physicochemical analyses of mascarpone cheese samples

Samples	Ash (%)	Fat (%)	Dry Matter (%)
C	0.48±0.07^{b}	40.75±1.06^{a}	54.38±0.66^{a}
1.5% BGSP	0.57±0.08^{ab}	40.75±0.35^{a}	55.23±1.42^{a}
3% BGSP	0.68±0.01^{a}	36.75±0.35^{b}	56.02±1.10^{a}
1.5% OSP	0.53±0.02^{b}	39.00±0.00^{a}	54.75±0.09^{a}
3% OSP	0.69±0.02^{a}	34.00±1.41^{c}	56.13±0.93^{a}
Significant	*	**	ns

ns: not significant; *: $p<0.05$; **: $p<0.01$ C: control mascarpone cheese, 1.5% BGSP: mascarpone cheese with 1.5% black grape seed powder, 3% BGSP: mascarpone cheese with 3% black grape seed powder, 1.5% OSP: mascarpone cheese with 1.5% oleaster seed powder, 3% OSP: mascarpone cheese with 3% oleaster seed powder

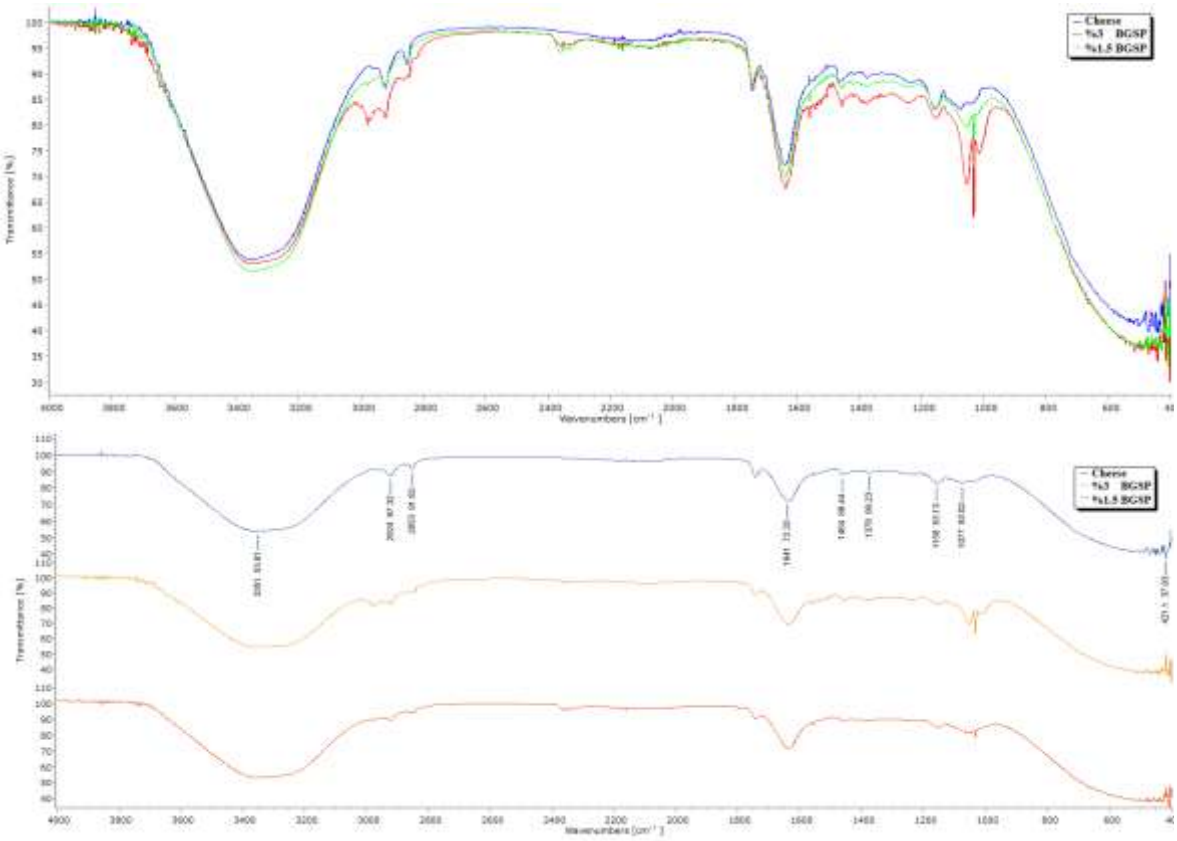
The findings obtained from mascarpone samples in the control group in this study are consistent with the average fat (41.1-41.2%) and moisture (47.3-47.4%) contents reported by Jiménez-Maroto et al. (2026) in the literature. In the study conducted by Munieweg et al. (2020), it was determined that the fat content of mascarpone cheese produced from sheep's milk cream varied between 41.11% and 42.37%, and the moisture content varied between 36% and 46%. The decrease in fat content and the increase in dry matter and ash content observed in mascarpone samples enriched with oleaster and black grape seed powders are due to the fact that the powders added to the formulation have low fat content and high mineral content. In their study, Cao et al. (2026) found that grape seed powder has a high water and oil retention capacity. Accordingly, it is thought that although the oil content in our enriched samples decreased, the added components may have contributed to maintaining the structural integrity of the product.

3.2. FTIR analysis results

FTIR-ATR spectra show that the molecular structures of the control cheese and the cheese samples supplemented with 1.5% and 3% oleaster seed and black grape seed powders are largely similar, but intensity changes occur in some characteristic bands (Figure 2). The

absence of new absorption bands suggests that the seed powders did not form new covalent bonds with the cheese matrix; instead, they integrated into the matrix through hydrogen bonds and other physical interactions with protein, lipid, and polysaccharide components (Coates, 2000).

The broad band in the 3200-3400 cm^{-1} region is mainly due to the overlapping absorption of phenolic hydroxyl (O–H) groups by amide A (N–H stretching) vibrations of proteins. The increase in peak intensity observed in this region with the addition of oleaster seed powder and especially black grape seed powder can be attributed to the fact that the seed powders are rich in phenolic compounds such as catechin, epicatechin, gallic acid, and proanthocyanidins. Literature reports that grape seeds contain high levels of (+)-catechin, (-)-epicatechin, gallic acid, and oligomeric procyanidins (Yilmaz and Toledo; 2004; Montealegre et al., 2006); similarly, oleaster seed and fruit extracts are reported to be rich in catechin derivatives, gallic acid, and various polyphenolic fractions (Saboonchian et al., 2014). The formation of hydrogen bonds between these compounds and casein proteins leads to band broadening and increased absorbance (Ozdal et al., 2013).



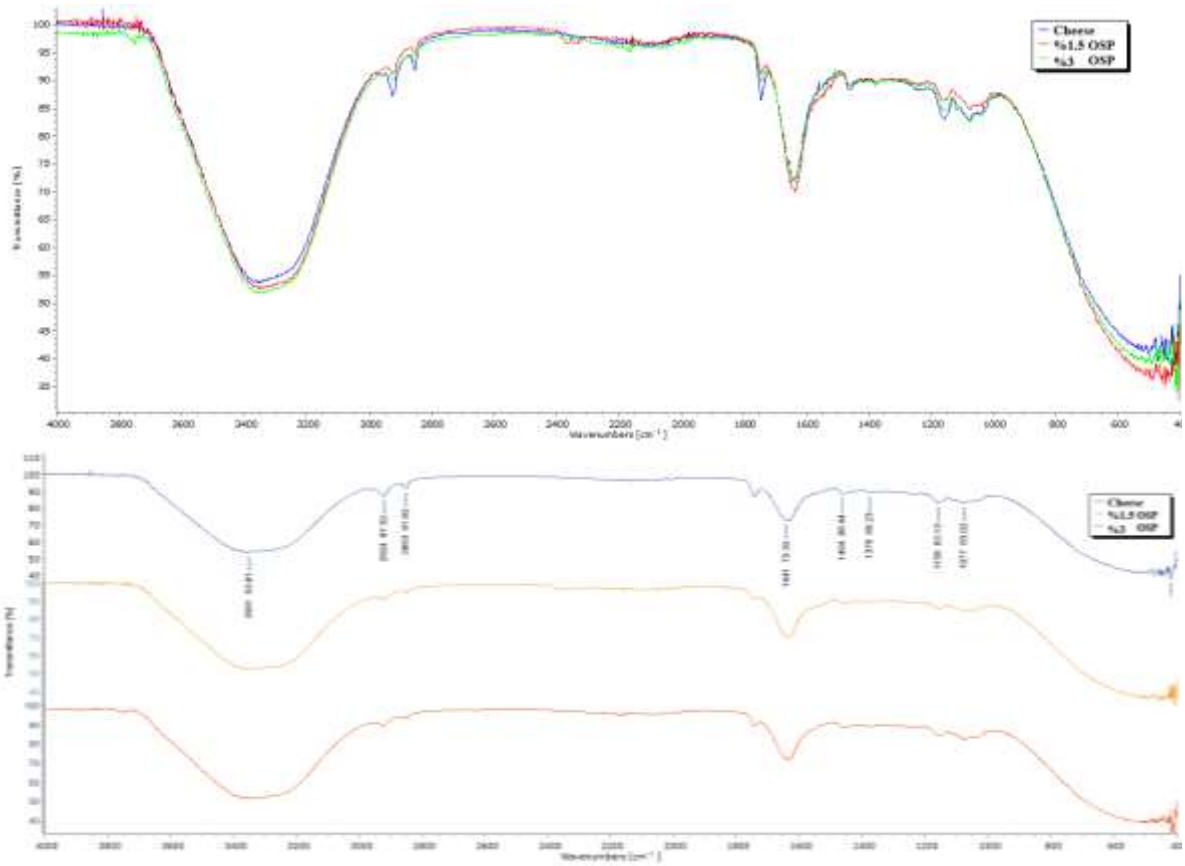


Figure 2. FTIR-ATR spectra of the mascarpone cheeses

Bands 2925 and 2854 cm^{-1} represent C–H stretching vibrations of aliphatic chains in milk fat. Increased absorbance was observed in these regions due to the fact that both seed powders contain vegetable oils rich in linoleic and oleic acids (Yilmaz and Toledo, 2004; Saboonchian et al., 2014). In contrast, while a slight decrease in the intensity of the triglyceride carbonyl (C=O) band in the 1745-1735 cm^{-1} region was observed with the addition of oleaster seeds, it was determined that the band became more pronounced with the addition of grape seeds, depending on the contribution of the oil fraction. The increase in absorbance observed in the 1650-1635 cm^{-1} (Amid I) and 1545-1535 cm^{-1} (Amid II) regions indicates that phenolic compounds present in the seed powder interact with cheese proteins. Proanthocyanidins and catechin derivatives, which are found in high amounts especially in grape seeds, and the phenolic compounds of oleaster seeds can increase the strength of amide bands by forming hydrogen bonds with casein and whey proteins. Similar increases in absorbance in the Amide I and Amide II bands due to protein-polyphenol interactions have been previously reported in dairy products enriched with polyphenol-rich plant additives (Jakobek, 2015).

Due to the rich dietary fiber content of grape seeds and oleaster seeds, an increase in absorbance was observed, particularly in the bands corresponding to C–O and C–O–C stretching vibrations in the 1150-1030 cm^{-1} region. The fact that this change becomes more pronounced with

increasing additive ratio indicates that plant fibers are successfully incorporated into the cheese matrix and that the carbohydrate/polysaccharide fraction contributes to the FTIR spectrum (Karoui and Baerdemaeker, 2007).

4. CONCLUSION

This study investigated the potential for integrating seeds, which are produced as by-products in the processing of oleaster and black grape seeds and offer a profile rich in bioactive components, into dairy products. Accordingly, the effect of formulating mascarpone cheese, a cheese unique to Italy produced by heat-treated acidification, with black grape seed and oleaster seed powders on its basic physicochemical and molecular structure was investigated. Accordingly, it was determined that the addition of oleaster seed powder and black grape seed powder caused an increase in the ash and dry matter content of mascarpone cheese samples. Furthermore, differences in the absorbance intensities of some characteristic bands in the FTIR spectra revealed that the addition of oleaster seed powder and black grape seed powder caused interaction between the components in the mascarpone matrix and led to changes in its molecular structure. Overall, it was concluded that oleaster seed powder and black grape seed powder integrate well into the matrix of mascarpone cheese, leading to differences in molecular interactions and macromolecular composition.

REFERENCES

Akyol M. (2026). İğde çekirdeği unu ve kalsit katkılı geri dönüştürülmüş ABS hibrit kompozitlerin yüzer güneş enerji santrali uygulamaları için mekanik davranışının incelenmesi. Master Thesis, Amasya University, Amasya, Türkiye.

Asgarzadeh S. (2024). İğde unu katkılı fonksiyonel, besinsel ve kalite özellikleri geliştirilmiş glutensiz makarna üretimi. Master Thesis, İstanbul Aydın University, İstanbul, Türkiye.

Çalişkanlar S, Saygili D, Karagözlü N, Karagözlü C. (2024). Utilization of pomegranate and black grape seed by-products in yogurt production: Effects on phenolic compounds and antioxidant activity. Food Science & Nutrition, 12(2), 1170-1179. https://doi.org/10.1002/fsn3.3832

Cao Z, Liu X, Xie C, Meng X. (2026). Effect of alternating current electric field on physicochemical properties, structure and function of grape seed powder. LWT, 245, 119171. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2026.119171

Carminati D, Perrone A, Neviani E. (2001). Inhibition of *Clostridium sporogenes* growth in mascarpone cheese by co-inoculation with *Streptococcus thermophilus* under conditions of temperature abuse. Food Microbiology, 18(6), 571-579. https://doi.org/10.1006/fmic.2001.0426

Carvalho T, Sousa SC, Pérez-Martín RI, Vázquez JA, Carvalho AP, Gomes AM. (2015). Physical and chemical characterization of mascarpone cheese with fish gelatin as a fat substitute. In WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities 3rd International Conference (pp. 14-16). Viana Do Castelo, Portugal.

Cengiz FU, Açıksarı A, Ceylan R, Çetinel S, Kafes, G, Gök Ö, Dulda A, Kahraman MV. (2026). Cytocompatible and photoluminescent nitrogen-doped carbon dots derived from grape seed flour for enhanced fluorescence bioimaging in breast cancer cells. RSC Advances, 16(31), 28592-28603. https://doi.org/10.1039/D6RA02360F

Çifçi R. (2025). Glutensiz makarna kalitesi üzerine bamya tohumu unu, iğde unu ve alkali su kullanımının etkileri. PhD Thesis, Karamanoğlu Mehmetbey University, Karaman, Türkiye.

Coates J. (2000). Interpretation of infrared spectra, a practical approach. Encyclopedia of Analytical Chemistry, 12, 10815-10837.

Demiray Teymuroğlu M. (2022). Fonksiyonel fermente yayık altı suyu üretimi. Master Thesis, Bursa Uludağ University, Bursa, Türkiye.

Jakobek L. (2015). Interactions of polyphenols with carbohydrates, lipids and proteins. Food Chemistry, 175, 556-567. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.013

Jiménez-Maroto LA, Govindasamy-Lucey S, Jaeggi JJ, Johnson ME, Lucey JA. (2026). Frozen storage is detrimental to the functionality of cream cheese and mascarpone even in high-pressure-treated samples. Journal of Dairy Science, 109(5), 4761-4775. https://doi.org/10.3168/jds.2025-28025

Karoui R, De Baerdemaeker J. (2007). A review of the analytical methods coupled with chemometric tools for the determination of the quality and identity of dairy products. Food Chemistry, 102(3), 621-640. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.05.042

Kowalik J, Lobacz A, Zulewska J, Dec, B. (2018). Analysis and mathematical modelling of the behavior of *Escherichia coli* in the mascarpone cheese during cold storage. International Journal of Food Science and Technology, 53(6), 1541-1548. https://doi.org/10.1111/ijfs.13736

Kurt A, Çakmakçı S, Çağlar A. (2015). Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 18, 238 s, Erzurum.

Molina AK, Leichtweis MG, Machado M, Silva S, Pintado M, Barreira JC, Dias MI, Prieto MÁ, Barros L, Pereira, C. (2025). Application of encapsulated tomato by-product extract as a colorant in mascarpone. Food Research International, 217, 116771. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116771

Montealegre RR, Romero Peces R, Chacón Vozmediano JL, Martínez Gascueña J, García Romero E. (2006). Phenolic compounds in skins and seeds of ten grape Vitis vinifera varieties grown in a warm climate. Journal of Food Composition and Analysis, 19(6-7), 687-693. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.05.003

Munieweg FR, Gavião ER, Czarnobay M, Dilda A, Stefani LDCM, Nespolo CR. (2020). Mascarpone cheese from sheep's milk-a new option for the consumer. Food Science and Technology, 41(2), 568-575. https://doi.org/10.1590/fst.32420

Ozdal T, Capanoglu E, Altay FA. (2013). Review on protein–phenolic interactions and associated changes. Food Research International, 51(2), 954-970. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.009

Picariello G, Fierro O, Caira S, Siano F, Addeo F. (2025). A cheese or not a cheese? Proteomics redefines the regulatory categorization of mascarpone. Food Bioscience, 69, 106896. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106896

Saboonchian F, Jamei R, Sarghein SH. (2014). Phenolic and flavonoid content of *Elaeagnus angustifolia* L. (leaf and flower). Avicenna Journal of Phytomedicine, 4(4), 231.

Socrates G. (2004). Infrared and Raman characteristic group frequencies: tables and charts. John Wiley & Sons.

Stuart BH. (2004). Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications. John Wiley & Sons, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England.

Yalçın E. (2025). Türkiye'de ulusal diyetin ileri glikasyon son ürünleri miktarı ve ekmeğe ilave edilen üzüm çekirdeği tozunun ileri glikasyon son ürünleri oluşumuna etkisi. Doctoral Thesis, Hacettepe University, Ankara, Türkiye.

Yayan F. (2026). D vitamini, üzüm çekirdeği ve üzüm çekirdekli siyez buğdayı içeren ekmek tüketen sağlık çalışanlarında üst solunum yolu enfeksiyonu şiddeti ve görülme oranları. Medical Specialization Thesis, Pamukkale University, Denizli, Türkiye.

Yilmaz Y, Toledo RT. (2004). Major flavonoids in grape seeds and skins: antioxidant capacity of catechin, epicatechin, and gallic acid. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(2), 255-260. https://doi.org/10.1021/jf030117h

SEDANTER BİREYLERİN SPOR VE FİZİKSEL AKTİVİTEDEN KAÇINMA DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Doç. Dr. Melek KURŞUNEL
Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Sport Sicence, 70100, Karaman
ORCID ID: 0000-0001-9707-7271
Dr. Öğr. Üyesi, Öznur AKPINAR
Karamanoğlu Mehmetbey University, 70100, Faculty of Sport Science,Karaman
ORCID ID: 0000-0002-8775-8724
Doç. Dr. Hande BABA KAYA
Düzce University, Faculty of Sport Science, 81000, Düzce
ORCID ID: 0000-0002-9281-2588
Prof. Dr. Selahattin AKPINAR
Düzce University, Faculty of Sport Science,81000, Düzce
ORCID ID: 0000-0002-1676-4465

ÖZET

Giriş: Spor ve fiziksel aktiviteden kaçınma davranışı; bireylerin motivasyon eksikliği, düşük öz yeterlik algısı, zaman yetersizliği, çevresel engeller, olumsuz geçmiş deneyimler ve sağlıkla ilgili yanlış inanışlar gibi çok boyutlu faktörlerden etkilenmektedir. Özellikle sedanter bireylerde bu engellerin belirlenmesi, fiziksel aktiviteye katılımı artırmaya yönelik etkili müdahalelerin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. **Amaç:** Sedanter bireylerin spor ve fiziksel aktiviteden kaçınma düzeyleri ve bununla ilişkili faktörlerin incelenmesi amaçlanmaktadır**. Yöntem:** Araştırmaya yetişkin 150 (kadın:77, erkek:73) sedanter birey gönüllü olarak katılmıştır. Araştırmada Demografik Bilgiler anketi ile Fiziksel Aktiviteden Kaçınma ölçeği kullanılmıştır. Verilerin analizinde frekans (n), ortalama ($\bar{x}$) ve standart sapma (ss) kullanılmıştır. Normal dağılım analizi sonucuna göre Pearson's korelasyon analizi kullanılmıştır. Tüm analizler Jamovi (2.3.21.0) istatistik programında %95 güven aralığı ve 0,05 anlamlılık düzeyinde yapılmıştır. **Bulgular:** Katılımcıların yaşları ile beden kütle indeksi arasında istatistiksel açıdan pozitif yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($p<0.05$). Katılımcıların fiziksel aktiviteden kaçınma puanları ile beden kütle indeksleri arasında istatistiksel açıdan pozitif yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($p<0.05$). **Sonuç:** Sedanter bireylerin yaşları artıkça beden kütle indekslerinin artttığı, fiziksel aktiviteden kaçınma puanları artıkça da beden kütle indekslerinin arttığı söylenebilir. Bu sonuçlara göre sedanter bireylerin fiziksel aktiviteden kaçınma nedenlerini bulmaya ve bunları önlemeye yönelik çalışmalar yapılabilir.

Anahtar Kelimeler: Fiziksel hareketsizlik, sedanter, beden kütle indeksi

AN ANALYSIS OF THE LEVELS OF AVOIDANCE OF SPORTS AND PHYSICAL ACTIVITY AMONG SEDENTARY INDIVIDUALS

ABSTRACT

Introduction: Avoidance of sports and physical activity can be influenced by a variety of factors, including lack of motivation, low self-efficacy, lack of time, environmental barriers, negative past experiences and misconceptions about health. It is particularly important to identify these barriers among sedentary individuals in order to develop effective interventions aimed at increasing participation in physical activity. **Purpose:** This study aims to examine levels of avoidance of sports and physical activity among sedentary individuals, as well as the associated factors. **Method:** A total of 150 sedentary adults (77 women and 73 men) took part in the study on a voluntary basis. The Demographic Information Questionnaire and the Physical Inactivity Scale were employed. The data analysis used frequency (n), mean ($\bar{x}$) and standard deviation (SD). Based on the results of the normality test, Pearson's correlation analysis was performed. All analyses were performed using Jamovi statistical software (version 2.3.21.0) at a 95% confidence interval and a significance level of 0.05.**Results:** A statistically significant positive correlation was found between participants' ages and body mass index (BMI) ($p <0.05$). Similarly, a positive correlation was found between physical inactivity scores and BMI ($p<0.05$). **Conclusion**: It can be said that sedentary individuals' body mass index increases as they age and as their physical inactivity scores rise. Based on these findings, studies can be conducted to identify why sedentary individuals avoid physical activity, and strategies can be developed to prevent this.

Keywords: Physical inactivity, sedentary lifestyle, body mass index

1.GİRİŞ

İnsanoğlu tarih boyunca dinç ve sağlıklı kalabilmenin birçok farklı yolunu aramış ve bundan dolayı kuvvetli bir iskelet, güçlü kaslar, hareket kabiliyetini sınırlandırmadan büyük bir açı ile yapabilme becerisi, elastik ve dayanıklı kas yapısı oluşturmaya çalışmışlardır (MacAuley, 1994). Modern yaşam tarzı, bireylerin fiziksel aktivite düzeylerini düşürmekte ve sedanter yaşam biçimini yaygınlaştırmaktadır. Son yıllarda teknolojik gelişmeler ve sanayileşmede meydana gelen ilerlemenin devam etmesi ile fiziksel hareketlilik azalmasıyla ülkemizde ve dünyada ciddi sağlık sorunlarının temel nedenlerini oluşturmuş yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir (Nh & Popkin., 2012). Fiziksel olarak aktif bir toplumun günümüz teknoloji çağında zorlukları olmakla beraber, fiziksel aktiviteden keyif alınması ya da interaktif oyunlar gibi eğlenceli aktiviteler bu durumu olumluya çevirebilmektedir. Fiziksel aktivitenin devamlılığı noktasında sübjektif değerlendirmelerin olumlu pekiştirmelere (aktiviteden

hoşlanma, keyif alma vb.) aktivitenin devam etmemesi veya kaçınma davranışı da olumsuz pekiştirmeler (kötü aktivite deneyimi, sıkıcı veya ilgi çekici olmaması vb.) sayesinde olabilmektedir (Teixeria ve ark., 2021).

Yapılan bir araştırmada orta yaşlı bireylerin %44,3'ünün fiziksel aktivitelerden hoşlandığı; cinsiyet açısından ise herhangi bir farklılık olmadığı görülmüştür (Buonsenso ve ark., 2021). Yapılan çalışmalar bireylerin aktif bir yaşam tarzı benimsemesinin sadece fiziksel sağlığı değil mental sağlığı da olumlu anlamda desteklediği yönündedir (Mcmahon ve ark., 2017; Chekroud ve ark., 2018; Stubbs ve ark., 2018). Fiziksel aktiviteyle ideal vücut kompozisyonuna ulaşma, kardiyorespiratuar uygunluk, kassal dayanıklılık ve güçlü kemiklerin yanında mental ve sosyal sağlık da kazanılabilmektedir (Kapoor ve ark., 2022). Üniversite öğrencileri toplum içerisinde hem genç nüfusu oluşturmakta hem de sağlıklı hayat tarzı benimseme noktasında incelenen gruplar arasında yer almaktadır. Sağlıklı hayat tarzı, bireylerin fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden iyi olma halini sürdürebilmesi için düzenli fiziksel aktivite yapması, dengeli beslenmesi, yeterli uyku alışkanlığı kazanması ve stresle etkili başa çıkabilmesini içeren bütüncül bir yaşam biçimidir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre sağlıklı yaşam davranışları, kronik hastalıkların önlenmesinde ve yaşam kalitesinin artırılmasında temel belirleyiciler arasında yer almaktadır (World Health Organization, 2020). Türkiye örnekleminde 7 farklı coğrafi bölgede 34 ildeki 4205 yetişkin üzerinden yapılan bir araştırmada nüfusun %56'sının obez sınıfında yer aldığı görülmüştür (İşeri ve Arslan, 2019). Bu bağlamda sedanter bireylerin spor ve fiziksel aktiviteden kaçınma davranışlarını etkileyen faktörlerin belirlenmesi hem fiziksel aktivitenin artırılması hem de fiziksel aktivite engellerinin anlaşılması açısından önem taşımaktadır.

2.YÖNTEM

2.1. Araştırmanın modeli: Araştırmada toplanacak veriler kesitsel bir zaman diliminde toplanacağından, elde edilecek verilerin aralarındaki ilişki ortaya çıkarılması hedeflendiğinden araştırmanın modeli ilişkisel tarama modelidir. Betimsel ilişkisel tarama modeli 'bir olay veya durum olduğu gibi betimlenmekte ve bu duruma neden olan değişkenlerin ilişkisi, etkisi ve derecesi' belirlenmeye çalışılmaktadır (Karasar, 2020).

2.2. Araştırmanın örneklemi: Araştırmaya yetişkin 150 (kadın:77, erkek:73) sedanter birey gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcıların yaş ortalaması (25.5±7.7), boy uzunluğu ortalaması (171.3.5±9.3) ve vücut ağırlığı ortalaması (70.3±15.9) değerindedir. Katılımcıların demografik özellikleri aşağıda sunulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Katılımcıların demografik özellikleri

	Grup	f	%
Sigara Kullanım Durumu?	Evet	80	53.3
	Hayır	70	46.7
Alkol Kullanım Durumu?	Evet	46	30.7
	Hayır	104	69.3
Kronik Hastalık Durumu?	Var	29	19.3
	Yok	121	80.7
Spor Yapma Durumu?	Evet	43	28.7
	Hayır	107	71.3
Beden Kütle İndeksi Sınıflaması	Zayıf	5	3.3
	Normal Kilolu	90	60.0
	Fazla Kilolu	48	32.0
	Obez	7	4.7

2.3. Veri Toplama Araçları: Araştırmada veri toplama aracı olarak demografik bilgiler anketi ile sporda sağlık okuryazarlığı anketi kullanılmıştır**.**

2.3.1. Demografik Bilgiler Anketi: Araştırmacılar tarafından hazırlanacak demografik bilgiler anketinde; katılımcıların yaşı, sigara ve alkol kullanım durumu, kronik hastalık durumu gibi değişkenler yer almaktadır.

2.3.2. Spor ve Fiziksel Aktiviteden Kaçınma Ölçeği: Araştırmada katılımcıların spor ve fiziksel aktiviteden kaçınma düzeylerini belirlemek için Bevan ve ark. (2022) tarafından geliştirilen, Türk kültürüne uyarlanması Altınışık ve ark, (2025) tarafından yapılmıştır. Ölçek 9 madde, tek alt boyuttan oluşan 5'li likert tipi bir derecelendirmeye sahip ölçektir (Kesinlikle Katılmıyorum-Kesinlikle Katılıyorum). Ölçekte ters madde bulunmamaktadır. Ölçekte ters madde bulunmamaktadır. Ölçeğin iç güvenirlik katsayısı; α:0.92 değerindedir. Bu çalışmada ise ölçeğin cronbach α:0.98 değerindedir.

2.3.3. Beden Kütle İndeksinin Belirlenmesi (BKİ: Sedanter kadınların öncelikle boy uzunlukları ve vücut ağırlıkları elektronik Stadiometre ile belirlenecektir. Katılımcıların boy ve vücut ağırlıkları değerleri belirlendikten sonra beden kütle indeksi (BKİ) elde edilen verilere göre hesaplanacaktır. BKİ indeksi: ölçülen ağırlığın (kg) boy (metre (m)) değerinin karesine bölünmesi anlamına gelmektedir (BKİ = ağırlık ((kg)/boy (cm^2)) (World Health Organization, 2000).

2.3.4. Araştırmanın Etik İzni: Bu araştırmanın etik kurul izni Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Yayın ve Etik Kurulu'ndan alınmıştır (Karar sayısı: 2026/408 Tarih: 23.07.2026).

2.4. Verilerin Analizi: Verilerin analizinde frekans (n), yüzde (%), ortalama ($\bar{x}$) ve standart sapma (ss) kullanılmıştır. Normal dağılım analizi sonucuna göre çarpıklık ve basıklık

değerlerinin istenilen aralıkta (±1.5) yani normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir (Tabachnick & Fidell, 2013). Bu sonuca göre değişkenler arasında ilişki olup olmadığı Pearson's korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Tüm analizler Jamovi (2.3.21.0) istatistik programında %95 güven aralığı ve 0,05 anlamlılık düzeyinde yapılmıştır.

3.BULGULAR

Tablo 2. Katılımcıların günlük uyku süresi, beden kütle indeksi ve fiziksel aktiviteden kaçınma puan ortalamaları

Değişken	N	X̄	Ss	Basıklık	Çarpıklık
Günlük Uyku süresi (saat/gün)	150	6.7	1.4	0.69	0.69
Beden Kütle İndeksi (kg/cm^2)	150	23.8	3.9	0.90	1.30
Fiziksel Aktiviteden Kaçınma ölçeği (puan)	150	16.7	0.1	1.32	1.03

Tablo incelendiğinde katılımcıların günlük uyku süresi, beden kütle indeksi ve fiziksel aktiviteden kaçınma ölçek puan ortalamaların basıklık ve çarpıklık değerlerinin normal dağılım gösterdiği görülmektedir. Katılımcıların korelasyon analizi aşağıda sunulmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. Katılımcıların fiziksel aktivitede kaçınma korelasyon analiz sonuçları

Değişken	Yaş	Beden Kütle İndeksi	Uyku süresi
Yaş	---		
Beden Kütle İndeksi	**0.43*** **	---	
Uyku süresi	-0.13	0.06	---
Fiziksel Aktiviteden Kaçınma	0.07	**0.28*** **	0.05

****p<0.001*

Tablo incelendiğinde katılımcıların yaşları ile beden kütle indeksi arasında istatistiksel açıdan pozitif yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($p<0.05$). Katılımcıların fiziksel aktiviteden kaçınma puanları ile beden kütle indeksleri arasında istatistiksel açıdan pozitif yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($p<0.05$). Katılımcıların fiziksel aktiviteden kaçınma ile yaş ile uyku süresi, uyku süresi ile beden kütle indeksi arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada sedanter bireylerin fiziksel aktiviteden kaçınma düzeyleri ve bununla ilişkili faktörler incelenmiştir. Öncelikle katılımcıların yaşları artıkça beden kütle indeksi değerleri de artmaktadır. Sedanter bireylerin yaş ile birlikte bazal metabolizma hızındaki azalma, yağsız vücut kütlesinin kaybı ve fiziksel aktivite düzeyindeki düşüş nedeniyle sedanter bireylerde beden kütle indeksinin artma eğiliminde olduğu bildirilmektedir (Kyle ve ark., 2004; Ekelund

ve ark., 2008). Bu araştırmada da yetişkin bireylerin çoğunluğunun beden kütle indeksi açısından normal kilolu sınıfında yer almasına karşın, çoğunluğunun düzenli olarak spor yapmadığı unutulmamalıdır. Bu durum bu sonucu etkilemiş olacağı düşünülebilir.

Araştırmanın bir diğer bulgusu katılımcıların fiziksel aktiviteden kaçınma puanları artıkça beden kütle indeksi değerlerinin de artmasıdır. Literatürde fiziksel aktivite engelleri, fiziksel aktiviteden kaçınma gibi birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Sistematik bir derleme çalışmasında daha yüksek fiziksel aktivite düzeyinin kilo alımını ve BKİ artışını önlediği, buna karşılık düşük fiziksel aktivite düzeyinin (fiziksel aktiviteden kaçınmanın) zaman içinde daha fazla kilo artışı ve obezite riskiyle ilişkili olduğu gösterilmiştir (Jakicic ve ark., 2019). Yakın tarihli bir meta analizde ise fiziksel inaktivite ve sedanter davranışın hem obezite hem de yüksek BKİ ile anlamlı derecede ilişkili olduğu gösterilmiştir (Silveira ve ark., 2022). Bu araştırmada da katılımcıların fiziksel aktiviteden kaçınma puanlarının yüksek olduğu ve katılımcıların çoğunluğunun düzenli olarak spor yapmadıkları bu sonucu etkilemiş olduğu düşünülebilir.

Sonuç olarak sedanter bireylerin yaşları ilerledikçe beden kütle indeksi değerlerinin arttığı, aynı zamanda fiziksel aktiviteden kaçınma düzeylerinin artışının da beden kütle indeksi değerlerinin artışıyla ilgili söylenebilir. Bu sonuçlara göre sedanter bireylerin uygun beden kütle indeksi içerisinde yer alması için bireylerin fiziksel aktiviteden kaçınma nedenleri araştırılarak, bunları önlemeye yönelik çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

Altınışık, Ü., Özmaden, M., Güler, H., & Dokuzoğlu, G. (2025). Spor ve Fiziksel Aktiviteden Kaçınma Ölçeği: Bir ölçek uyarlama çalışması. *Research in Sports Science*, 15, 0021.

American College Health Association. (2022). National College Health Assessment III: Undergraduate Student Reference Group Executive Summary. Health and Fitness: Past, Present and Future. *Journal of Lifestyle Medicine,* 12(1): 9-14.

Bevan, N., O'Brien, K. S., Latner, J. D., Lin, C. Y., Vandenberg, B., Jeanes, R., & Fung, X. C. C. (2022). Weight stigma and avoidance of physical activity and sport: Development of a scale and establishment of correlates. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23), 16370.

Buonsenso, A., Fiorilli, G., Mosca, C., Centorbi, M., Notarstefano, C.C., Di Martino, G., Calcagno, G., Intrieri, M., & Cagno, A.D. (2021). Exploring the Enjoyment of the Intergenerational Physical Activity. J*ournal of Functional and Morphology Kinesiology,* 6(2):51.

Chekroud, S. R., Gueorguieva, R., Zheutlin, A. B., Paulus, M., Krumholz, H. M., Krystal, J. H., & Chekroud, A. M. (2018). Association between physical exercise and mental health in 1· 2 million individuals in the USA between 2011 and 2015: a cross-sectional study. *The lancet psychiatry*, *5*(9), 739-746.

Ekelund, U., Brage, S., Besson, H., Sharp, S., & Wareham, N.J. (2008). Time spent being sedentary and weight gain in healthy adults: reverse or bidirectional causality? *Am J Clin Nutr*, 88(3):612-7.

İşeri, A., & Arslan, N. (2009). Obesity in adults in Turkey: age and regional effects. *European Journal of Public Health,* 19(1), 91–94.

Jakicic, J.M., Powell, K.E., Campbell, W.W., Dipietro, L., Pate, R.R., Pescatello, L.S., Collins, K.A., Bloodgood, B., & Piercy, K.L. (2018). Physıcal Actıvıty Guıdelınes Advısory Commıttee. Physical Activity and the Prevention of Weight Gain in Adults: A Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc,* 51(6):1262-1269.
Kapoor, G., Chauhan, P., Singh, G., Malhotra, N., & Chahal, A. (2022). Physical Activity for Health and Fitness: Past, Present and Future. *Journal of Lifestyle Medicine*, 12(1): 9-14.
Karasar, N. (2020). Bilimsel irade algı çerçevesi ile bilimsel araştırma yöntemi. *Nobel Akademi*.
Kyle, U.G., Genton, L., Gremion, G., Slosman, D.O., & Pichard, C. (2004). Aging, physical activity and height-normalized body composition parameters. *Clin Nutr,* 23(1):79-88.
MacAuley, D. (1994). A history of physical activity, health and medicine. *Journal of the Royal Society of Medicine*, *87*(1), 32-35.
Mcmahon, E.M., Corcoran, P., O'regan, G., Keeley, H., Cannon, M., Carli, V., Wasserman, C., Hadlaczky, G., Sarchiapone, M., Apter, A., Balazs, J., Balint, M., Bobes, J., Brunner, R., Cozman, D., Haring, C., Iosue, M., Kaess, M., Kahn, J.P., Nemes, B., Podlogar, T., Poštuvan, V., Sáiz, P., Sisask, M., Tubiana, A., Värnik, P., Hoven, C.W., & Wasserman, D. (2017). Physical activity in Europea Adolescents and associations with anxiety, depression and well-being. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 26(1), 111-122.
Ng, S. W., & Popkin, B. M. (2012). Time use and physical activity: a shift away from movement across the globe. *Obesity reviews*, *13*(8), 659-680.
Silveira, E.A., Mendonça, C.R., Delpino, F.M., Elias Souza, G.V., Pereira de Souza Rosa, L., de Oliveira, C., & Noll, M. (2022). Sedentary behavior, physical inactivity, abdominal obesity and obesity in adults and older adults: A systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr ESPEN*, 50:63-73.
Stubbs, B., Vancampfort, D., Firth, J., Schuch, F.B., Hallgren, M., Smith, L., Gardner, B., Kahl, K.G., Veronese, N., Salmi, M., Carvalho, A.F., & Koyanagi, A. (2018). Relationship Between sedentary behavior and depression: A mediation analysis of influential factors Across the life span among 42,469 people in low and middle-income countries. *Journal of Affective Disorders*, 229, 231–8.
Tabachnick, B. G., Fidell, L. S., & Ullman, J. B. (2013). *Us#ng mult#var#ate stat#st#cs* (Vol. 6, pp. 497-516). Boston, MA: pearson.
Teixeira, D.S., Rodrigues, F., Machado, S., Cid, L., & Monteiro, D. (2021). Did You Enjoy It? The Role of Intensity-Trait Preference/Tolerance in Basic Psychological Needs and Exercise Enjoyment. *Frontiers Psychology*, 12:682480.
World Health Organization. (2020). *WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour.*

ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN KAMPÜS REKREASYONU İÇİN SERBEST ZAMAN ENGELLERİ: KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ

Doç. Dr. Melek KURŞUNEL
Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Sport Sicence, 70100, Karaman
ORCID ID: 0000-0001-9707-7271
Dr. Öğr. Üyesi, Öznur AKPINAR
Karamanoğlu Mehmetbey University, 70100, Faculty of Sport Science,Karaman
ORCID ID: 0000-0002-8775-8724
Doç. Dr. Hande BABA KAYA
Düzce University, Faculty of Sport Science, 81000, Düzce
ORCID ID: 0000-0002-9281-2588
Prof. Dr. Selahattin AKPINAR
Düzce University, Faculty of Sport Science,81000, Düzce
ORCID ID: 0000-0002-1676-4465

ÖZET

Giriş: Üniversite öğrencilerinin kampüs rekreasyonu, bireylerin fiziksel, sosyal ve psikolojik iyi oluşlarını destekleyen önemli bir üniversite yaşam bileşenidir. Rekreasyonel etkinlikler, öğrencilerin stres düzeylerini azaltmakta, akademik başarıyı desteklemekte ve sosyal uyumu artırmaktadır. **Amaç:** Üniversite öğrencilerinin kampüs rekreasyonu için serbest zaman engellerinin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır **Yöntem:** Araştırmaya üniversitede öğrenim gören 148 (kadın:119, erkek:29) öğrenci gönüllü olarak katılmıştır. Araştırmada Demografik Bilgiler anketi ile Kampüs Rekreasyonu için Algılanan Engeller ölçeği kullanılmıştır. Verilerin analizinde frekans (n), ortalama ($\bar{x}$) ve standart sapma (ss) kullanılmıştır. Normal dağılım analizi sonucuna göre bağımsız örneklem t test ile One-Way ANOVA analizi kullanılmıştır. Tüm analizler Jamovi (2.3.21.0) istatistik programında %95 güven aralığı ve 0,05 anlamlılık düzeyinde yapılmıştır. **Bulgular:** Katılımcılardan kronik hastalığı olanları kampüs rekreasyonu için algılanan engeller puanları daha yüksektir ($p<0.05$). Katılımcıların cinsiyet, sınıf, sigara ve alkol kullanımı ve beden kütle indeksi sınıflamasına göre kampüs rekreasyonu için algılanan engeller puanları farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). **Sonuç:** Üniversite öğrencilerinden kronik hastalığı olanların kampüs rekreasyonu için algılanan engeller puanlarının daha yüksek olduğu söylenebilir. Bu sonuçlara göre kronik hastalığını olan öğrencilerin kampüs rekreasyonuna katılımını sağlamaya yönelik çalışmalar yapılabilir.

Anahtar Kelimeler: Kampüs rekreasyonu, üniversite, öğrenci

BARRIERS TO UNİVERSİTY STUDENTS' FREE TIME FOR CAMPUS RECREATION: THE CASE OF KARAMANOĞLU MEHMETBEY UNIVERSITY

ABSTRACT

Introduction: Campus recreation is an important part of college life for students, supporting their physical, social and psychological well-being. Such activities help to reduce stress levels,

support academic success and enhance social integration. **Purpose:** The aim is to identify the barriers preventing university students from enjoying their free time on campus. **Method:** A total of 148 university students (119 women and 29 men) participated in the study on a voluntary basis. The study used a Demographic Information Questionnaire and a Perceived Barriers to Campus Recreation Scale. The data analysis used frequency (n), mean ($\bar{x}$) and standard deviation (SD). Based on the results of the normality test, an independent samples t-test and one-way ANOVA were conducted. All analyses were conducted using Jamovi statistical software (version 2.3.21.0) at a 95% confidence interval and a significance level of 0.05. **Results:** Participants with chronic illnesses reported higher perceived barriers to campus recreation ($p<0.05$). However, there were no differences in these scores based on participants' gender, class, tobacco and alcohol use, or body mass index classification ($p>0.05$). **Conclusion**: It could be argued that university students with chronic illnesses perceive more barriers to participating in campus recreation activities. Based on these findings, efforts could be made to encourage such students to participate in campus recreation activities.

Keywords: Campus recreation, university, student

1.GİRİŞ

Sağlıklı hayat tarzı, bireylerin fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden iyi olma halini sürdürebilmesi için düzenli fiziksel aktivite yapması, dengeli beslenmesi, yeterli uyku alışkanlığı kazanması ve stresle etkili başa çıkabilmesini içeren bütüncül bir yaşam biçimidir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre sağlıklı yaşam davranışları, kronik hastalıkların önlenmesinde ve yaşam kalitesinin artırılmasında temel belirleyiciler arasında yer almaktadır (World Health Organization, 2020). Üniversite dönemi ise bireylerin çocukluktan yetişkinliğe geçiş yaptığı, yaşam tarzı alışkanlıklarının büyük ölçüde şekillendiği kritik bir dönemdir. Bu süreçte öğrenciler akademik yoğunluk, sosyal çevre değişimi ve ekonomik faktörler nedeniyle sağlıklı yaşam davranışlarını sürdürmede çeşitli zorluklar yaşayabilmektedir.

Üniversite dönemi, bireylerin yaşam biçimlerini şekillendirdikleri ve yetişkinlik dönemine geçiş yaptıkları kritik bir evredir. Bu dönemde öğrenciler, akademik sorumluluklar, sosyal çevre değişimleri ve bireysel yaşam düzeni gibi faktörler nedeniyle fiziksel aktivite ve rekreasyonel etkinliklere katılım konusunda çeşitli zorluklar yaşayabilmektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, üniversite öğrencilerinde fiziksel aktivite düzeylerinin düşük olduğunu ve sedanter yaşam tarzının yaygınlaştığını göstermektedir. Özellikle zaman yetersizliği, motivasyon eksikliği ve çevresel faktörler fiziksel aktiviteye katılımı azaltan temel etkenler arasında yer almaktadır (Akil et al., 2025; Hoffmann et al., 2025). Çevresel faktörler arasında

en etkili olanlardan biri de öğrencilerin neredeyse gününün çoğunu geçirdiği kampüs içerisindeki rekreasyon alanlarıdır.

Rekreasyon, bireylerin boş zamanlarını fiziksel, sosyal ve zihinsel açıdan değerlendirerek yaşam kalitelerini artırmalarına katkı sağlayan önemli bir etkinlik alanıdır (Karaküçük, 2019). Özellikle kampüs rekreasyonu, üniversite öğrencilerinin hem fiziksel sağlıklarını geliştirmelerine hem de sosyal etkileşimlerini artırmalarına olanak sağlamaktadır (Wilson, 2025). Araştırmalar, üniversite öğrencilerinde fiziksel inaktivite, düzensiz beslenme ve uyku bozukluklarının yaygın olduğunu göstermekte; bu durumun hem fiziksel sağlık hem de akademik başarı üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu vurgulanmaktadır (American College Health Association, 2022). Ayrıca modern yaşamın getirdiği teknolojik bağımlılık ve sedanter yaşam tarzı, genç yetişkinlerde obezite ve metabolik hastalık riskini artırmaktadır (Ng & Popkin, 2012). Sağlıklı hayat tarzı davranışlarının kazandırılmasında bireysel farkındalığın yanı sıra çevresel ve sosyal destek sistemleri de önemli rol oynamaktadır. Bu durum üniversite öğrencilerinin sağlıklı bir hayat tarzı benimsemesinde kampüs rekreasyonu büyük önem taşıdığından, üniversitelerdeki kampüs rekreasyonu engellerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda bu araştırmanın amacı üniversite öğrencilerinin kampüs rekreasyonu engelleri düzeyini ve bunu etkileyen faktörlerinin araştırmasını amaçlamaktadır.

2.YÖNTEM

2.1. Araştırmanın modeli: Araştırmada toplanacak veriler kesitsel bir zaman diliminde toplanacağından, elde edilecek verilerin aralarındaki ilişki ortaya çıkarılması hedeflendiğinden araştırmanın modeli ilişkisel tarama modelidir. Betimsel ilişkisel tarama modeli ‘bir olay veya durum olduğu gibi betimlenmekte ve bu duruma neden olan değişkenlerin ilişkisi, etkisi ve derecesi’ belirlenmeye çalışılmaktadır (Karasar, 2020).

2.2. Araştırmanın örneklemi: Araştırmaya üniversitede öğrenim gören 148 (kadın:119, erkek:29) öğrenci gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcıların yaş ortalaması (21.4±3.7), boy uzunluğu ortalaması (167.1.5±9.3) ve vücut ağırlığı ortalaması (63.1±12.8) değerindedir. Katılımcıların demografik özellikleri aşağıda sunulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Katılımcıların demografik özellikleri

	Grup	f	%
Sınıf Düzeyi	1.sınıf	35	23.7
	2.sınıf	57	38.5
	3.sınıf	29	19.6
	4.sınıf	27	18.2
Sigara Kullanım Durumu?	Evet	41	27.7
	Hayır	107	72.3
Alkol Kullanım Durumu?	Evet	29	19.6
	Hayır	119	80.4
Kronik Hastalık Durumu?	Var	17	11.5
	Yok	131	88.5
Spor Yapma Durumu?	Evet	58	39.2
	Hayır	90	60.8
Beden Kütle İndeksi Sınıflaması	Zayıf	15	10.1
	Normal Kilolu	98	66.2
	Fazla Kilolu	30	20.3
	Obez	5	3.4

2.3. Veri Toplama Araçları: Araştırmada veri toplama aracı olarak demografik bilgiler anketi ile sporda sağlık okuryazarlığı anketi kullanılmıştır**.**

2.3.1. Demografik Bilgiler Anketi: Araştırmacılar tarafından hazırlanacak demografik bilgiler anketinde; katılımcıların yaşı, sigara ve alkol kullanım durumu, kronik hastalık durumu gibi değişkenler yer almaktadır.

2.3.2. Kampüs Rekreasyonu İçin Serbest Zaman Engelleri Ölçeği: Araştırmada katılımcıların kampüs rekreasyonu için serbest zaman engelleri düzeylerini belirlemek için Powers vd. (2019) tarafından geliştirilmiş, Goins (2020) tarafından kampüs rekreasyonuna modifiye edilmiştir. Ölçeğin Türk kültürüne uyarlanması Yılmaz ve Altunöz, (2025) tarafından yapılmıştır. Ölçek 25 madde, 6 alt boyuttan oluşan 5'li likert tipi bir derecelendirmeye sahip ölçektir (Kesinlikle Katılmıyorum-Kesinlikle Katılıyorum). Ölçekte ters madde bulunmamaktadır. Ölçeğin alt boyutları zaman (madde:1,2), yönetim (madde:3,4,5,6,7), sosyal destek (madde:8,9,10,11,12) özyeterlik (madde:13,14,15,16,17), ulaşım (madde:18,19) ve güvenilir çevre (madde:20,21,22,23,24,25) şeklindedir. Ölçeğin iç güvenirlik katsayısı; α:0.97 değerindedir. Bu çalışmada ise ölçeğin cronbach α:0.70 değerindedir.

2.3.3. Beden Kütle İndeksinin Belirlenmesi (BKİ: Sedanter kadınların öncelikle boy uzunlukları ve vücut ağırlıkları elektronik Stadiometre ile belirlenecektir. Katılımcıların boy ve vücut ağırlıkları değerleri belirlendikten sonra beden kütle indeksi (BKİ) elde edilen verilere göre hesaplanacaktır. BKİ indeksi: ölçülen ağırlığın (kg) boy (metre (m)) değerinin karesine

bölünmesi anlamına gelmektedir (BKİ = ağırlık ((kg)/boy (cm^2)) (World Health Organization, 2000).

2.3.4. Araştırmanın Etik İzni: Bu araştırmanın etik kurul izni Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu'ndan alınmıştır (Karar sayısı: 2026/410, Tarih: 23.07.2026).

2.4. Verilerin Analizi: Verilerin analizinde frekans (n), yüzde (%), ortalama ($\bar{x}$) ve standart sapma (ss) kullanılmıştır. Normal dağılım analizi sonucuna göre çarpıklık ve basıklık değerlerinin istenilen aralıkta (±3.0) yani normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir (Kline, 2011). Bu sonuca göre ikili karşılattırmalarda bağımsız örneklem t testi, ikiden fazla karşılaştırmalarda One-Way ANOVA analizi kullanılmıştır. Tüm analizler Jamovi (2.3.21.0) istatistik programında %95 güven aralığı ve 0,05 anlamlılık düzeyinde yapılmıştır.

3.BULGULAR

Tablo 2. Katılımcıların günlük uyku süresi, beden kütle indeksi ve kampüs rekreasyonu için algılanan engeller puan ortalamaları

Değişken	N	X̄	Ss	Basıklık	Çarpıklık
Günlük Uyku süresi (saat/gün)	148	7.5	1.8	0.90	1.84
Beden Kütle İndeksi (kg/cm^2)	148	22.5	3.5	0.49	-0.09
Zaman A.B. (puan)	148	6.5	2.0	-0.22	-0.66
Yönetim A.B. (puan)	148	15.1	3.4	-0.02	-0.19
Sosyal Destek A.B. (puan)	148	13.0	3.6	0.24	0.36
Özyeterlik A.B. (puan)	148	13.1	3.4	0.43	0.53
Ulaşım A.B. (puan)	148	4.6	2.1	0.68	-0.25
Güvenilir Çevre A.B. (puan)	148	14.4	3.5	0.09	0.16
Kampüs Rekreasyonu için Algılanan Engeller Ölçeği (puan)	148	66.6	10.1	0.15	0.49

A.B: Alt Boyut

Tablo incelendiğinde katılımcıların günlük uyku süresi, beden kütle indeksi ve sporda sağlık okuryazarlığı ölçek alt boyutları puan ortalamaların basıklık ve çarpıklık değerlerinin normal dağılım gösterdiği görülmektedir. Katılımcıların t test sonuçları aşağıda sunulmuştur (Tablo 3.2).

Tablo 3. Katılımcıların kampüs rekreasyonu için algılanan engeller puanlarının cinsiyet, sigara ve alkol kullanımı, düzenli spor yapma durumu t test analiz sonuçları

Değişken	Grup	N	X̄	Ss	t	p	Cohen's d
Cinsiyet	Kadın	119	66.08	9.92	-1.31	0.19	-0.27
	Erkek	29	68.83	10.88			
Sigara Kullanımı	Evet	41	67.76	10.98	0.85	0.40	0.16
	Hayır	107	66.18	9.82			
Alkol Kullanımı	Evet	29	67.97	11.65	0.80	0.43	0.17
	Hayır	119	66.29	9.76			
Düzenli Spor	Evet	58	67.81	11.25	1.15	0.25	0.19
	Hayır	90	65.84	9.34			
Kronik Hastalık	Var	17	72.00	12.44	2.36	**0.02***	0.61
	Yok	131	65.92	9.64			

Tablo incelendiğinde katılımcıların kampüs rekreasyonu puanlarında cinsiyet, sigara ve alkol kullanımı ile düzenli spor yapma durumuna göre istatistiksel açıdan anlamlı fark olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Katılımcıların kampüs rekreasyonu puanlarında kronik hastalık durumuna göre istatistiksel açıdan anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). Katılımcıların varyans analizi sonuçları aşağıda sunulmuştur (Tablo 3.3).

Tablo 4. Katılımcıların kampüs rekreasyonu için algılanan engeller puanlarının beden kütle indeksi sınıflaması ve sınıf düzeyine göre varyans analizi sonuçları

Değişken	Grup	N	X̄	Ss	F	p
Beden Külte İndeksi Sınıflaması	Zayıf	15	66.5	10.8	0.07	0.98
	Normal	98	66.6	10.4		
	Fazla Kilolu	30	66.5	9.4		
	Obez	5	68.6	9.5		
Sınıf Düzeyi	1.sınıf	35	67.5	7.1	0.36	0.78
	2.sınıf	57	65.7	10.4		
	3.sınıf	29	67.2	9.9		
	4.sınıf	27	66.7	13.1		

Tablo incelendiğinde katılımcıların kampüs rekreasyonu için algılanan engeller puanlarında beden kütle indeksi sınıflaması ile sınıf düzeyine göre istatistiksel açıdan anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada üniversite öğrencilerinin kampüs rekreasyonu için algılanan engeller, bazı değişkenlere göre incelenmiştir. Araştırmanın ilk bulgusu katılımcıların kronik hastalığı olanların kampüs rekreasyonu için algılanan engeller puanı, olmayan katılımcılardan daha yüksektir. Kronik hastalığı olan bireylerin kampüs rekreasyonu için algılanan engeller puanlarının yüksek olması beklenen bir durumdur. Çünkü kronik hastalığı olan bireylerin daha az fiziksel aktiviteye katılım sağlaması, fiziksel aktivite alanlarında daha seçici olmaları ve fiziksel aktivite için motivasyon düzeylerinin düşük olması sık karşılaşılan bir durumdur.

Araştırmanın bir diğer bulgusu katılımcıların kampüs rekreasyonu için algılanan engeller puanları katılımcıların cinsiyet, sınıf düzeyi, alkol ve sigara kullanımı, düzenli spor yapma durumları ile beden kütle indeksi sınıflamasına göre farklılık göstermemektedir. Türkiye'de yapılan bir araştırmada üniversitelerde kampüs rekreasyonu için bütçelerin sınırlı olduğu ve üniversitelerde 'Kampüs Rekreasyon Birimi' nin oluşturulması gerektiği sonucuna varılmıştır (Kaba, 2009). Bilindiği üzere çoğu üniversite rekreasyon bölümü bulunmamakta ve dolayısıyla rekreasyon birimi de bulunmamaktadır. Bu bağlamda öğrencilerin kampüs içerisindeki rekreatif faaliyete katılımın önündeki engellerin belirlenmesi ve sonrasında bu engelleri aşmaya yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar ise bu

engelleri anlamaya yönelik geçerli yollardan biridir. Alanyazın incelendiğinde Hall ve Page, (2006), rekreatif faaliyetlere katılımı engelleyen faktörlerin sezonluk engeller, finanslar kaynaklar ve rekreasyon alanlarının ulaşılabilirliği, cinsiyet ve sosyal sınırlamalar ile fiziksel kaynaklar ve moda olarak sıralamıştır (Hall & Page, 2006). Kampüs rekreasyonunu etkileyen faktörlerin araştırıldığı bir araştırma ise fiziksel aktiviteden keyif alma, aktivite doyumu ve mutluluk düzeyleri arasında ilişki tespit edilmiştir (Peker ve ark., 2023). Üniversite öğrencilerinde serbest zaman motivasyonunun rekreasyonel etkinliklere katılım önünde bir engel olduğu saptanmıştır (Önen, 2023). Bu çalışmalar incelendiğinde kampüs rekreasyonu önünde engel olabilecek faktörlerin bireylerin motivasyonları ve fiziksel aktiviteden keyif alma gibi daha çok bireylerden kaynaklanan engeller olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak üniversite öğrencilerinden kronik hastalığı olanların kampüs rekreasyonu için algılanan engeller puanlarının daha yüksek olduğu söylenebilir. Bu sonuçlara göre kronik hastalığını olan öğrencilerin kampüs rekreasyonuna katılımını sağlamaya yönelik çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

Akil, M., Tokay, B., & Güngör, M. M. (2025).
Physical activity barriers, nutrition, motivation, and body composition in university students. *BMC Public Health*, 25, 4307.

American College Health Association. (2022). *National College Health Assessment III: Undergraduate Student Reference Group Executive Summary.*

Goins, B. (2020). *Generation Z's Leisure Constraints for Campus Recreation: Technology's Influence on Constraints.* Master dissertation, Oklahoma State University.

Hall, C. M., & Page, S. J. (2014). *The geography of tourism and recreation: Environment, place and space*. Routledge.

Hoffmann, S. W., Helten, J., Loss, J., Germelmann, C. C., & Tittlbach, S. (2025). Prevalence and correlates of self-reported and accelerometer-determined sedentary behavior and physical activity of German university students: cross-sectional results of the SmartMoving study. *BMC Public Health*, *25*(1), 3043.

Kaba, İ. C. (2009). *Türkiye'de üniversitelerde kampüs rekreasyonu'nun mevcut durumu ve kampüs rekreasyon modellemesi*. Yüksek Lisans tezi. Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Karaküçük, S. (2019). *Rekreasyon*. Türkiye Turizm Ansiklopedisi.

Karasar, N. (2020). *Bilimsel irade algı çerçevesi ile bilimsel araştırma yöntemi*. Nobel Akademi.

Kline, R. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling* (3nd Ed. b.). New York: Guilford

Ng, S. W., & Popkin, B. M. (2012). Time use and physical activity. *Obesity Reviews, 13*(8), 659–680.

Önen, L. (2023). *Üniversite öğrencilerinin serbest zaman motivasyonları ile rekreasyonel etkinliklere katılımına engel olan faktörlerin incelenmesi*. Yüksek Lisans tezi. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Peker, H., Teke, C., Çakar, B., Kabadayı, Y., & Caner, N. (2023). Fiziksel aktiviteden keyif alma, tekrar katılma niyeti ve mutluluk arasındaki ilişki: Kampüs rekreasyonuna katılan üniversite öğrencileri örneği. *Uluslararası Güncel Eğitim Araştırmaları Dergisi*, *9*(2), 206-220.

Powers, S. L., Trauntvein, N. E., Barcelona, R. J., & Hartman, C. L. (2019). Constraints and negotiations to student recreational sport center usage. *Journal of Amateur Sport*, 5(2), 18-38.

Wilson, K. E. S. (2025). Campus Recreation Experiences: A Conceptual Model. *Journal of Student Affairs Research and Practice*, *62*(5), 571–588.
World Health Organization. (2020). *WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. World Health Organization.
Yılmaz, O., & Altunöz, Ö. (2025). Kampüs Rekreasyonu için Serbest Zaman Engelleri Ölçeğinin Türk Kültürüne Uyarlanması: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması. *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism Recreation and Sports Sciences*, *8*(1), 32-53.

OKUL ÖNCESİ EĞİTİMDE YAPAY ZEKÂ ARAŞTIRMALARI (2016–2026)

Doç. Dr. Merve ŞAHİN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bayramiç Meslek Yüksekokulu,
Çocuk Bakımı ve Gençlik Hizmetleri Bölümü, Çocuk Gelişimi Programı, Çanakkale
ORCID ID: 0000-0001-9394-9511

ÖZ

Yapay zekâ (YZ), son yıllarda eğitim ortamlarında giderek daha görünür hâle gelmiş; özellikle üretken YZ uygulamaları, sosyal robotlar, akıllı oyuncaklar ve konuşma tabanlı sistemler okul öncesi eğitimde de araştırılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte, bu alanda yayımlanan çalışmaların sayısı konusunda literatürde oldukça farklı sonuçlar bulunmaktadır. Bu farklılıkların önemli bir bölümü, araştırmalarda kullanılan yaş sınırları, yayın türleri, dâhil etme ölçütleri ve YZ'nin çalışmadaki konumuna ilişkin tercihlerden kaynaklanmaktadır. Bu araştırmada, söz konusu farklılıkların nedenleri incelenmiş ve 2016–2026 dönemindeki çalışmalar kayıt düzeyinde yeniden denetlenmiştir. Çalışma, yeni bir veri tabanı dışa aktarımına dayalı de novo bir PRISMA derlemesi değildir. Daha önce oluşturulan 40 kayıtlık listedeki 17 dışlama kararı yeniden gözden geçirilmiş; PopBots çalışmasının örneklem yaşı doğrulanınca önceki 21 çalışmalık çekirdek 22'ye yükselmiştir. Daha sonra aynı ölçütlerle 27 aday kayıt taranmış ve 19 yeni çalışmanın eklenmesiyle sayı 41'e ulaşmıştır. Özoğul ve Çabuk (2026) ile Ljungcrantz'ın (2026) kaynakçalarının geriye doğru izlenmesi 17 ek aday çalışma ortaya çıkarmış, hedefli yazar taramasıyla bir çalışma daha belirlenmiştir. Bu 18 kayıttan biri, tam metin incelemesinde YZ'yi doğrudan araştırma konusu yapmadığı için kapsam dışında bırakılmıştır. Ayrıca örneklem ve bağlam bilgileri yeterli biçimde doğrulanamayan iki aday kayıt da nihai gruba alınmamıştır. Böylece çalışma grubu 58 ayrı araştırmadan oluşmuştur (k=58). İncelenen çalışmaların 23'ü (%39,7) nitel, 11'i (%19,0) karma yöntemlidir ve 20'si (%34,5) 2024 yılında yayımlanmıştır. YZ'nin araştırmalardaki konumu üç grupta ele alınmıştır: 27 çalışmada (%46,6) yetişkinlerin kabulü, algısı ya da mesleki uygulamalarının konusu; 22 çalışmada (%37,9) çocukların öğrenmesini destekleyen pedagojik bir araç; dokuz çalışmada (%15,5) ise doğrudan çocukların öğrendiği bir konu olarak yer almıştır. Açık bir kuramsal çerçeve 18 çalışmada (%31,0) belirlenirken 40 çalışmada (%69,0) belirtilmemiştir. Etik boyutu araştırma tasarımına sistematik biçimde dâhil eden çalışma sayısı ise yalnızca beştir (%8,6). Bulgular, okul öncesi eğitimde YZ araştırmalarının hızla arttığını, ancak alanın hâlen yetişkinlerin kabul ve kullanımına odaklanan çalışmaların ağırlığında ilerlediğini; kuramsal temellendirme ile etik bütünleştirmenin ise daha sınırlı kaldığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: yapay zekâ, okul öncesi eğitim, erken çocukluk, yapay zekâ okuryazarlığı.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE RESEARCH IN PRESCHOOL EDUCATION (2016–2026)

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) has become increasingly visible in educational settings in recent years, with generative AI applications, social robots, smart toys, and conversational systems

receiving growing attention in preschool education. At the same time, the literature reports markedly different numbers of studies in this field. Much of this variation stems from differences in age boundaries, publication types, inclusion criteria, and the way AI is positioned within each study. The present study examined the reasons behind these differences and re-audited research published between 2016 and 2026 at the record level. It is not presented as a de novo PRISMA review based on a new database export. Seventeen exclusion decisions from a previously compiled list of 40 records were reconsidered; after the age range of the PopBots sample was verified, the earlier core of 21 studies increased to 22. A further 27 candidate records were then screened using the same criteria, and 19 new studies were added, bringing the total to 41. Backward reference checking of Özoğul and Çabuk (2026) and Ljungcrantz (2026) identified 17 additional candidate studies, while targeted author searching yielded one further study. Of these 18 records, one was excluded after full-text review because it did not directly investigate AI. Two additional candidate records were also excluded because their sample and contextual information could not be verified with sufficient confidence. The final study set therefore comprised 58 distinct studies (k = 58). Of these, 23 (39.7%) used qualitative methods, 11 (19.0%) used mixed methods, and 20 (34.5%) were published in 2024. AI was positioned in three main ways across the studies: in 27 studies (46.6%), it was examined as an object of adult acceptance, perception, or professional practice; in 22 studies (37.9%), it was used as a pedagogical tool to support children's learning; and in nine studies (15.5%), it was treated as a direct object of learning for children. An explicit theoretical framework was identified in 18 studies (31.0%), whereas 40 studies (69.0%) did not report one. Only five studies (8.6%) systematically integrated ethical considerations into the research design. Overall, the findings indicate that research on AI in preschool education is expanding rapidly, but the field remains largely dominated by studies focusing on adult acceptance and use, while theoretical grounding and the systematic integration of ethical considerations remain comparatively limited.

Keywords: artificial intelligence, preschool education, early childhood, AI literacy.

1. GİRİŞ

Yapay zekâ (YZ), sesli asistanlar, sosyal robotlar, akıllı oyuncaklar ve üretken YZ uygulamaları aracılığıyla küçük çocukların gündelik yaşamında giderek daha fazla yer almaktadır. Okul öncesi eğitim açısından bu durum, sınıfa yalnızca yeni bir dijital araç eklenmesi anlamına gelmez. Bu yaş grubundaki çocuklar canlı ile cansızı, bilen ile bilmeyeni ve güvenilir bilgi ile hatalı bilgiyi ayırt etmeyi henüz öğrenmektedir. Dolayısıyla bir çocuğun

sesli asistan ya da robotla etkileşimi, hem öğrenme sürecini hem de karşısındaki sistemin ne olduğuna ilişkin geliştirdiği anlayışı etkiler; aynı zamanda kişisel verilerin üretilmesini de beraberinde getirebilir. Bu nedenle öğrenme, anlamlandırma ve etik sorumluluğun birlikte ele alınması gerekir (Druga vd., 2017; UNICEF, 2021).

Alanı izlemeyi güçleştiren bir diğer konu, kullanılan kavramların ve kapsam sınırlarının hızla değişmesidir. "Erken çocukluk", "okul öncesi", "young children", "kindergarten", "AI literacy", "robotics", "machine learning" ve "generative AI" gibi terimler benzer araştırmaları farklı yaş ve uygulama sınırları içinde tanımlayabilmektedir. Bu durum, aynı alana odaklanan derlemelerin farklı çalışma sayılarına ulaşmasına yol açmaktadır. Su ve Yang (2022) 1995–2021 dönemi için 17 çalışma bildirirken, Özoğul ve Çabuk (2026) 2019–2024 döneminde 47, Ljungcrantz (2026) ise 2020–2024 döneminde 39 görgül çalışmaya ulaşmıştır. Bu farklılık yalnızca alanın hızlı büyümesinden değil; yaş aralığı, yayın türü, görgüllük ölçütü ve YZ'nin araştırmadaki rolüne ilişkin kapsam kararlarından da kaynaklanmaktadır.

1.1. Yapay Zekânın Araştırmadaki Üç Konumu

Okul öncesi YZ araştırmalarında çocuk merkezli çalışmalar iki temel hatta ilerlemektedir. İlkinde YZ, başka bir öğrenme amacını destekleyen araçtır. Dil ve erken okuryazarlık, problem çözme, yaratıcılık ve bilişsel beceriler bu çalışmaların başlıca hedefleri arasındadır. Konuşma ajanlarıyla yürütülen diyaloglu okuma çalışmaları çocukların katılımı ve öykü anlama süreçlerine, sosyal robot araştırmaları ise erken okuryazarlık ve bilişsel görevlere odaklanmıştır (Xu vd., 2021, 2022; Almousa & Alghowinem, 2023; Neumann vd., 2023).

İkinci hatta YZ'nin kendisi öğrenme konusudur. Bu çalışmalarda çocukların yapay zekânın ne olduğu, nasıl çalıştığı ve robot ya da konuşma ajanlarının ne ölçüde "bildiği" veya "canlı" olduğu konusundaki düşünceleri incelenmektedir (Druga vd., 2017; Su & Yang, 2024a, 2024b; Yang vd., 2024). Bunun yanında öğretmenlerin, öğretmen adaylarının ve ebeveynlerin YZ'ye yönelik tutumlarını, kabulünü ve kullanım pratiklerini inceleyen araştırmalar üçüncü bir hat oluşturmaktadır.

YZ okuryazarlığına ilişkin kavramsal çerçevelerin önemli bir bölümü daha ileri eğitim kademeleri için geliştirilmiştir (Ng vd., 2021). Erken çocukluğa özgü; güvenlik, kimlik, tutum, biliş ve yeterlik boyutlarını birlikte ele alan modeller ise daha yenidir (Luo vd., 2024). Bu nedenle YZ'nin yalnızca araç olarak kullanımına ya da yalnızca öğretilecek bir konu olmasına odaklanmak yerine iki çocuk merkezli yaklaşımın birlikte düşünülmesi önem taşımaktadır.

1.2. Gelişimsel Uygunluk, Öğretmen Aracılığı ve Etik

Erken çocuklukta öğrenme büyük ölçüde oyun, sosyal etkileşim ve yetişkin rehberliğiyle gerçekleşir. Bu nedenle YZ'nin eğitimdeki etkisini yalnızca çocuk ile teknoloji arasındaki ilişki üzerinden açıklamak yeterli değildir. Öğretmenin hangi aracı seçtiği, nasıl kullandığı, hangi soruları yönelttiği, yanlış bir YZ çıktısına nasıl müdahale ettiği ve çocukların teknolojiye yüklediği insan benzeri anlamları nasıl yönlendirdiği de sürecin bir parçasıdır. Öğretmen kabulü, YZ okuryazarlığı ve mesleki gelişime yönelik çalışmaların son yıllarda artması, bu aracılık rolünü daha görünür hâle getirmiştir (Kölemen & Yıldırım, 2025; Özenoğlu vd., 2026; Hao vd., 2026).

Etik boyut ise okul öncesi eğitimde doğrudan çocuk haklarıyla ilişkilidir. Ses, görüntü ve etkileşim verilerinin nasıl toplandığı, ebeveyn onamı ve çocuk rızasının nasıl ele alındığı, ticari platformların veriyi nasıl işlediği ve yanlış ya da önyargılı içerikle nasıl başa çıkıldığı araştırma tasarımının parçası olmalıdır (UNICEF, 2021). Nitekim son dönem çalışmalar, mahremiyet ve veri paylaşımına ilişkin kaygıların YZ'ye yönelik destek ve kullanım niyetini etkileyebildiğini göstermektedir (Camparo vd., 2026; Hao vd., 2026).

1.3. Türkiye Bağlamı

Türkiye'de okul öncesi eğitim ve YZ alanındaki çalışmalar da giderek çeşitlenmektedir. Erken örneklerden biri, akıllı oyuncak tasarımını çocuk, öğretmen ve ebeveyn verileriyle birlikte ele alan Maya projesidir (Akdeniz, 2019; Akdeniz & Özdinç, 2021). Daha yakın tarihli araştırmalar ise öğretmen ve öğretmen adayı görüşlerinin yanı sıra karma yöntemli çalışmalar, yarı deneysel uygulamalar, üretken YZ destekli dijital hikâyeler ve öğretmen eğitimi uygulamalarını da kapsamaktadır (Mart & Kaya, 2024; Tosun, 2025; Aydoğan, 2025; Özenoğlu vd., 2026). Bu nedenle Türkiye literatürünü yalnızca betimsel tutum çalışmalarından oluşan bir alan olarak değerlendirmek güncel tabloyu tam olarak yansıtmamaktadır.

1.4. Araştırmanın Gerekçesi ve Özgün Değeri

Bu araştırmanın çıkış noktası, okul öncesi YZ alanında neden birbirinden oldukça farklı çalışma sayılarının raporlandığı sorusudur. Literatürde verilen sayılar ilk bakışta kesin görünse de aslında farklı kapsam ve dâhil etme ölçütlerine dayanmaktadır. Bu nedenle çalışmada yeni bir "doğru toplam" ortaya koymaktan çok, hangi çalışmaların hangi gerekçelerle dâhil edildiğini ya da dışarıda bırakıldığını görünür hâle getirmek amaçlanmıştır.

Bu doğrultuda üç yayımlanmış derlemenin kapsamları karşılaştırılmış, önceki 40 kayıtlık listedeki 17 dışlama kararı yeniden incelenmiş ve 27 yeni aday aynı ölçütlerle değerlendirilmiştir. Ardından iki güncel derlemenin kaynakçaları geriye doğru izlenmiş, ilgili

yazarların okul öncesi yayınları kontrol edilmiş ve aynı araştırmadan üretilen birden fazla yayın tek çalışma olarak ele alınmıştır. Bu süreç sonunda analizler 58 ayrı çalışma üzerinden yürütülmüştür.

Çalışmanın temel katkısı yalnızca 58 çalışmaya ulaşılmış olması değil, bu sayının nasıl oluştuğunun adım adım izlenebilmesidir. Böylece "kaç çalışma var?" sorusu, tek bir sayıyla değil, dâhil etme, dışlama ve birleştirme kararlarıyla birlikte ele alınmaktadır. Aynı süreç, 41 çalışmalık ara listenin neden yeterli olmadığını da göstermiştir. Bu nedenle k=58, 2016–31 Mayıs 2026 döneminde bu araştırmanın ölçütleri doğrultusunda doğrulanabilen çalışmaları ifade etmekte; alanın eksiksiz ve mutlak toplamı olarak sunulmamaktadır.

1.5. Araştırma Soruları

1. Yayımlanmış başlıca okul öncesi YZ derlemeleri hangi kapsam tanımlarına dayanmakta ve bu tanımlar raporlanan çalışma sayılarını nasıl değiştirmektedir?
2. Kayıt düzeyindeki uygunluk denetimi ve aynı araştırmadan üretilen yayınların birleştirilmesi sonunda oluşan çalışma grubunun yayın yılı, bağlam, yöntem ve katılımcı profili nasıldır?
3. İnceleme kapsamındaki çalışmalarda hangi YZ teknolojileri, kuramsal çerçeveler, öğrenme ve gelişim çıktıları, öğretmen rolleri, etik yaklaşımlar ve YZ konumları öne çıkmaktadır?
4. Türkiye bağlamında yürütülen çalışmalar bu çalışma grubu içinde nasıl bir görünüm sergilemektedir?

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Deseni

Bu araştırma, yayımlanmış derlemelerden hareketle oluşturulan bir çalışma grubunun kayıt düzeyinde yeniden incelenmesine dayanmaktadır. Dolayısıyla tek bir veri tabanı taramasıyla başlayan klasik bir PRISMA 2020 sistematik derlemesi değildir (Page vd., 2021). Süreç beş aşamada yürütülmüştür. Önce yayımlanmış üç derlemenin bildirdiği çalışma sayıları ve kapsamları kaynağından doğrulanmıştır. Ardından daha önce oluşturulan 40 aday kaydın 17 dışlama kararı yeniden incelenmiştir. Üçüncü aşamada 27 yeni aday aynı uygunluk ölçütleriyle değerlendirilmiştir. Dördüncü aşamada Özoğul ve Çabuk (2026) ile Ljungcrantz'ın (2026) kaynakçaları geriye doğru izlenmiş ve belirlenen yazarların okul öncesi yayınları ayrıca taranmıştır. Son olarak, aynı araştırmadan üretilen farklı yayınlar tek çalışma olarak değerlendirilmiştir. Frekans ve yüzdeler bu süreç sonunda oluşan 58 ayrı çalışma üzerinden hesaplanmıştır. Sürecin aşamaları ve her aşamada verilen kararlar Şekil 1'de gösterilmektedir.

2.2. Kanıt Katmanları ve Kaynak Doğrulama

Kaynak doğrulama süreci dört aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada Su ve Yang (2022), Özoğul ve Çabuk (2026) ve Ljungcrantz (2026) tarafından yayımlanan derlemelerin kapsamları ile bildirdikleri çalışma sayıları kontrol edilmiştir. İkinci aşamada, önceki 40 kayıtlık listedeki 17 dışlama kararı tam metinler ve yayınevi kayıtları üzerinden yeniden incelenmiştir. Bu kontrolde PopBots çalışmasının yaş sınıflamasının hatalı olduğu belirlenmiş ve çalışma yeniden kapsama alınmıştır. Üçüncü aşamada 27 ek aday kayıt aynı altı uygunluk ölçütü kullanılarak değerlendirilmiştir. Son aşamada ise Özoğul ve Çabuk (2026) ile Ljungcrantz'ın (2026) kaynakçaları geriye doğru izlenmiş, ayrıca üretken YZ ve erken çocukluk alanında birden fazla çalışmayla öne çıkan yazarların yayınları kontrol edilmiştir.

Çalışmaların kapsama alınması için son tarih 31 Mayıs 2026 olarak belirlenmiştir. Kaynakların doğrulanması 21–22 Ağustos 2026 tarihlerinde yayınevi sayfaları, DOI kayıtları, açık erişimli tam metinler, DergiPark, ERIC ve kurumsal kayıtlar üzerinden tamamlanmıştır. Bu süreç sonunda oluşturulan çalışma grubu, alanın tüm yayınlarını kapsayan eksiksiz bir literatür evreni olarak değil, uygunluğu ve kaynak bilgileri doğrulanmış çalışmaların oluşturduğu denetlenebilir bir çalışma grubu olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Yayımlanmış Derlemelerde Doğrulanan Kapsam Farklılıkları

Kaynak	Kapsam	Dâhil edilen çalışma	Doğrulanmış yöntemsel not
Su & Yang (2022)	1995–2021; ECE; İngilizce; ERIC, IEEE, Scopus, EBSCO, WoS	17	Kapsam belirleme incelemesi; farklı yayın türlerini içerir.
Özoğul & Çabuk (2026)	2019–2024; okul öncesi; 7 veri tabanı; makale ve tez	47	1.371 kayıt → 482 yinelenen → 220 uygunluk → 47 dâhil; 31 nitel, 9 nicel, 7 karma.
Ljungcrantz (2026)	2020–2024; ECE; 5 veri tabanı; görgül yayınlar	39	20 çalışma 2024'te; 15 karma, 11 nitel, 10 deneysel, 3 nicel.

Tablo 1'deki sayılar doğrudan birbirine eklenmemiştir; çünkü üç derleme aynı kapsamı kullanmamaktadır. Özoğul ve Çabuk'un (2026) hedef grup tablosunda okul öncesi ve ilkokul çocuklarını birlikte içeren bazı çalışmalar yer alırken, Ljungcrantz (2026) erken çocukluğu daha geniş bir yaş aralığı içinde ele almıştır. Bu araştırmada karşılaştırılabilirliği artırmak için daha dar bir katılımcı tanımı benimsenmiştir.

2.3. Çalışma Grubunun Oluşturulması

Çalışma grubu, birbirini tamamlayan dört tarama adımıyla oluşturulmuştur. İlk aşamada okul öncesi ve YZ ile ilişkili Türkçe ve İngilizce anahtar sözcüklerin farklı Boole birleşimleri Web of Science, Scopus, ERIC, ScienceDirect, DergiPark, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve Google Akademik'te taranmış ve 40 aday kayıttan oluşan ilk liste hazırlanmıştır. İkinci aşamada

çocuklarda YZ okuryazarlığı, sosyal robot ve konuşma ajanları ile üretken YZ ve öğretmen çalışmaları odağında ek taramalar yapılmış ve 27 yeni aday kayıt belirlenmiştir. Üçüncü aşamada Özoğul ve Çabuk (2026) ile Ljungcrantz'ın (2026) kaynakçaları incelenmiş, son aşamada ise ara listede ikiden fazla çalışmayla temsil edilen Jiahong Su, Weipeng Yang ve Davy Tsz Kit Ng'nin okul öncesi yayınları kontrol edilmiştir.

Bu süreç sonunda oluşturulan 58 çalışmalık grup, alanın eksiksiz evreni olarak değil, uygunluğu ve kaynak bilgileri doğrulanmış bir inceleme grubu olarak değerlendirilmiştir. Dâhil etme, dışlama ve birleştirme kararları elektronik karar günlüğünde kaydedilmiştir.

2.4. Dâhil Etme ve Dışlama Ölçütleri

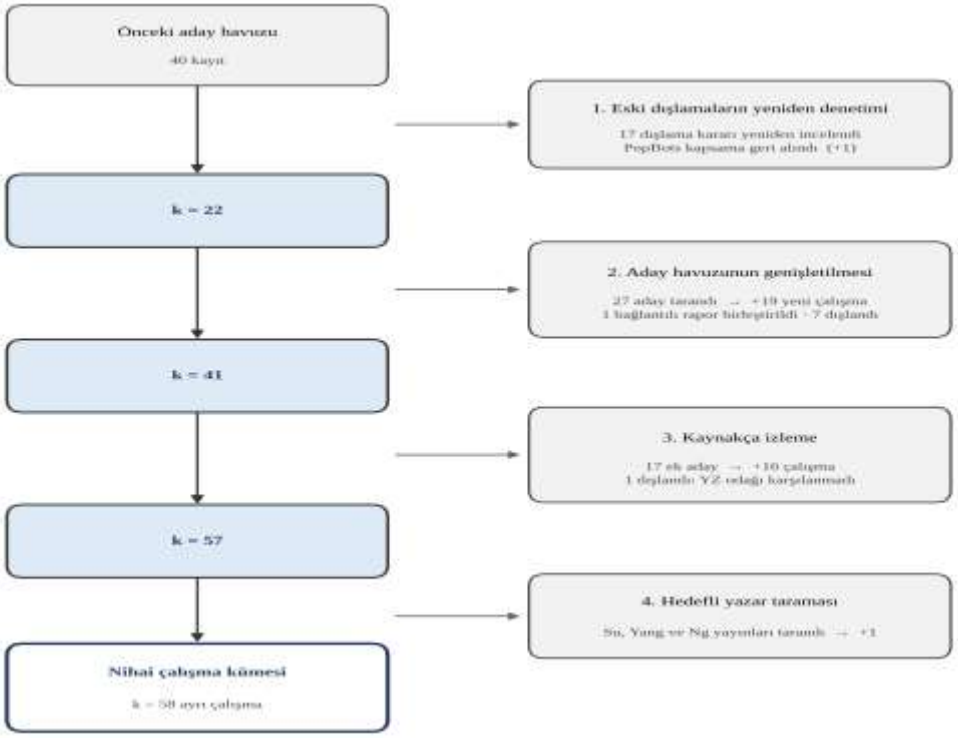
Çalışmaların 2016–31 Mayıs 2026 arasında yayımlanması, 3–6 yaş çocuklarını ya da bu yaş grubuyla doğrudan ilişkili öğretmen, öğretmen adayı veya ebeveynleri kapsaması, YZ'yi doğrudan eğitsel araç, öğrenme konusu, mesleki uygulama ya da etik ve mahremiyet bağlamında ele alması, görgül veri içermesi ve bibliyografik bilgilerinin doğrulanabilmesi temel ölçütler olarak belirlenmiştir. Daha geniş yaş gruplarında 3–6 yaş verisinin ayrıştırılabilmesi aranmıştır. YZ'yi yalnızca analiz veya teşhis aracı olarak kullanan çalışmalar, kavramsal yazılar ve okul öncesi alt örneklemi ayrıştırılamayan araştırmalar kapsam dışında bırakılmıştır.

2.5. Kayıt Denetimi ve Bağlantılı Raporların Birleştirilmesi

Her kayıt yazar, yıl, yayın kaynağı, DOI/erişim bilgisi, katılımcı özellikleri, örneklem ve görgül veri açısından kontrol edilmiştir. Aynı araştırmadan üretilen yayınlar ayrı çalışma olarak sayılmamış; AI4KG, Akdeniz'in tez-makale çıktıları ve PopBots'un bağlantılı raporları tek çalışma altında birleştirilmiştir.

Yeniden denetim sonunda PopBots'un eklenmesiyle sayı 21'den 22'ye çıkmış, 27 adaydan 19'unun eklenmesiyle 41'e ulaşmıştır. Kaynakça ve hedefli yazar taramaları 18 ek aday sağlamış; bunlardan biri YZ odağını karşılamadığı için dışlanmıştır. Örneklem ve bağlam bilgileri yeterince doğrulanamayan iki aday kayıt da nihai gruba alınmamış ve analizler 58 çalışma üzerinden yürütülmüştür.

Şekil 1. Kayıt Denetimi ve Çalışma Kümesinin Oluşum Akışı



Not. İki aday kayıt konu bakımından uygun görünmekle birlikte örneklem ve bağlam bilgileri yeterli tutarlılıkla doğrulanamadığı için nihai gruba alınmamıştır. PopBots'un CHI ve AAAI/EAAI raporları tek çalışma olarak değerlendirilmiştir.

2.6. Kodlama Çerçevesi ve Çalışma Düzeyinde Analiz

Her çalışma; yayın yılı, bağlam, araştırma deseni, katılımcı ve örneklem özellikleri, kullanılan YZ teknolojisi, kuramsal çerçeve, incelenen çıktı, öğretmen rolü, etik düzeyi ve YZ'nin araştırmadaki konumu açısından kodlanmıştır. Kuramsal çerçeve, yalnızca araştırmanın soru, değişken, tasarım veya yorumuyla açık biçimde ilişkilendirildiğinde "var" kabul edilmiştir. Etik boyut "değinilmemiş", "yüzeysel" ve "sistematik" olarak sınıflandırılmış; sistematik düzey için mahremiyet, rıza, veri yönetişimi, şeffaflık veya çocuk hakları gibi konuların araştırma sürecinin bir bileşeni olması aranmıştır. Öğretmen rolü çalışmada üstlenilen işleve göre, YZ'nin konumu ise "pedagojik araç", "çocuk için öğrenme konusu" ve "yetişkin kabulü/mesleki uygulama nesnesi" olarak kodlanmıştır. Sınırda kalan durumlarda tek bir ana kategori seçilerek gerekçesi elektronik ekte kaydedilmiştir. Aynı çalışmaya ait bağlantılı raporlar birleştirilmiş ve çift sayım önlenmiştir. Frekans ve yüzdeler 58 ayrı çalışma üzerinden hesaplanmıştır. Yorum gerektiren dört kategori için kullanılan karar kuralları şunlardır. Kuramsal çerçeve: bir kuram ya da model yalnızca adı anıldığında değil, araştırma sorusu, değişken seçimi, tasarım veya bulguların yorumuyla açıkça ilişkilendirildiğinde "var" kodlanmıştır. Etik düzeyi: "yüzeysel" kod, konunun yalnızca giriş ya da sınırlılık bölümünde

anılmasını; "sistematik" kod ise mahremiyet, rıza, veri yönetişimi veya çocuk haklarının araştırma sorusuna, veri toplama sürecine ya da analize fiilen dâhil edilmesini ifade eder. Öğretmen rolü: öğretmenin çalışmadaki işlevine bakılmış; veri kaynağı olması tek başına "tutum/kabul öznesi", etkinliği yürütmesi "uygulayıcı", çocuk–YZ etkileşimini yönlendirmesinin incelenmesi "pedagojik aracı", araç ya da programın tasarımına katılması "ortak tasarımcı" olarak kodlanmıştır. YZ'nin konumu: ölçülen çıktı yetişkine aitse "yetişkin kabulü/mesleki uygulama nesnesi", çıktı çocuğa ait ve öğrenilen içerik YZ'nin kendisi ise "çocuk için öğrenme konusu", diğer bütün durumlarda "pedagojik araç" kodu verilmiştir. Bu kurallar kodlama öncesinde yazılmış ve süreç boyunca değiştirilmemiştir.

Kodlama sürecinin doğrulanabilirliğini artırmak amacıyla karar kuralları kodlama başlamadan önce yazılmış ve uygulama sırasında değiştirilmemiştir. Sınırda kalan her kodun gerekçesi çalışma düzeyinde kaydedilmiş; böylece kodlama kararlarının kaynağına kadar izlenebilmesi sağlanmıştır. Ayrıca aynı araştırmadan üretilen bağlantılı raporlar tek çalışma düzeyinde birleştirilerek çift sayım önlenmiş ve dâhil etme, dışlama ve birleştirme kararları elektronik karar günlüğünde tutulmuştur.

2.7. ve Güvenirlik

Çalışmanın geçerliğini desteklemek amacıyla kapsam, dâhil etme ve dışlama ölçütleri ile yorum gerektiren kodlama kategorileri analiz öncesinde açık biçimde tanımlanmıştır. Kaynak doğrulaması tek bir bibliyografik kaynağa dayandırılmamış; yayınevi sayfaları, DOI kayıtları, açık erişimli tam metinler, DergiPark, ERIC ve kurumsal kayıtlar çapraz kontrol amacıyla kullanılmıştır. Kodlama kategorilerinin araştırma sorularıyla uyumu korunmuş; özellikle kuramsal çerçeve, etik düzeyi, öğretmen rolü ve YZ'nin araştırmadaki konumu için operasyonel karar kuralları kodlama öncesinde belirlenmiştir. Sınırda kalan kararların gerekçelerinin çalışma düzeyinde kaydedilmesi ve bağlantılı raporların tek çalışma olarak birleştirilmesi, bulguların izlenebilirliğini ve kodlama sürecinin iç tutarlılığını güçlendiren ek önlemler olarak kullanılmıştır.

Kodlayıcılar arası güvenirliği değerlendirmek amacıyla nihai 58 çalışmanın 15'i (%25,9) ikinci bir kodlayıcı tarafından aynı kodlama kılavuzu ve karar kuralları kullanılarak bağımsız biçimde yeniden kodlanmıştır. Güvenirlik alt grubu, yorumlayıcı sınıflandırmaların farklı örneklerini yansıtacak biçimde F03, F05, F08, F19, F25, F26, F27, F28, F31, F34, F37, F52, F54, F57 ve F58 kodlu çalışmalardan oluşturulmuştur. Bu alt grup YZ'nin araştırmadaki konumu açısından altı pedagojik araç, yedi yetişkin kabulü/mesleki uygulama nesnesi ve iki çocuk için öğrenme konusu çalışmasını; Türkiye bağlamından dört çalışmayı ve nitel, karma, nicel-betimsel,

deneysel, yarı deneysel ve tasarım tabanlı araştırma desenlerini kapsamaktadır. İkinci kodlayıcı, kuramsal çerçeve, etik düzeyi, öğretmen rolü ve YZ'nin araştırmadaki konumu olmak üzere yorum gerektiren dört kategori için kodlama yapmış; böylece 15 çalışma üzerinden toplam 60 kodlama kararı karşılaştırılmıştır. Kodlayıcılar arası uyum, şansa bağlı uyuşmayı da dikkate alan Cohen's kappa katsayısı ile hesaplanmış ve $\kappa = .87$ bulunmuştur. Bu değer, iki kodlayıcı arasında yüksek düzeyde uyuma işaret etmektedir. Uyuşmazlık bulunan kodlar, ilgili çalışmaların tam metinleri ve önceden belirlenen karar kuralları yeniden incelenerek iki kodlayıcı arasında görüş birliğiyle çözümlenmiş; uzlaşı sonucunda belirlenen kodlar nihai veri setine aktarılmıştır.

2.8. Kaynakça İzleme ve Yazar Odaklı Tarama

Özoğul ve Çabuk (2026) ile Ljungcrantz'ın (2026) kaynakçalarındaki aday çalışmalar, araştırmanın dâhil edilme ölçütleri doğrultusunda yeniden değerlendirilmiştir. Literatür incelemeleri, YZ dışındaki dijital teknolojilere odaklanan çalışmalar ve YZ'yi yalnızca analiz aracı olarak kullanan araştırmalar kapsam dışında bırakılmıştır. Ayrıca hedefli yazar taramasında Uğraş'ın (2024) 16 okul öncesi öğretmeniyle yürüttüğü ayrı ChatGPT çalışması belirlenerek incelemeye alınmıştır.

3. BULGULAR

Bulgular araştırma sorularının sırasına göre sunulmuştur. Önceki 17 dışlama kararının yeniden incelenmesinde yalnızca PopBots'a ilişkin karar değişmiştir; örneklemin 80 çocuk ve 4–6 yaş olduğu doğrulanınca çalışma yeniden kapsama alınmıştır. Böylece ilk çekirdek 21'den 22 çalışmaya çıkmıştır. Daha sonra 27 aday arasından 19 yeni çalışma eklenmiş, bir bağlantılı PopBots raporu mevcut çalışmayla birleştirilmiş ve yedi kayıt dışlanmıştır. Bu aşamada sayı 41'e ulaşmıştır. Kaynakça izleme 17 ek aday çalışma sağlamış; tam metin denetiminde bunlardan biri YZ'yi doğrudan incelemediği için dışlanmış ve 16 çalışma nihai gruba eklenmiştir. Hedefli yazar taraması bir çalışma daha sağlamıştır. Örneklem ve bağlam bilgileri yeterince doğrulanamayan iki başka aday kayıt kapsam dışında bırakılmıştır. Aşağıdaki bütün frekans ve yüzdeler nihai 58 çalışma üzerinden hesaplanmıştır.

3.1. Yayımlanmış Derlemeler: Tek Bir "Doğru k" Yoktur

Üç yayımlanmış derlemenin sırasıyla 17, 47 ve 39 çalışmaya ulaşması, alan için kapsam tanımından bağımsız tek bir "doğru sayı" olmadığını açık biçimde göstermektedir. Su ve Yang (2022) 1995–2021 döneminde 17 çalışma belirlemiştir. Özoğul ve Çabuk (2026), 1.371 başlangıç kaydından 47 çalışmaya ulaşmış ve bunların 31'ini nitel, dokuzunu nicel, yedisini karma olarak sınıflandırmıştır. Ljungcrantz (2026) ise 2020–2024 döneminde 39 görgül yayın

saptamış; bunların 20'sinin yalnızca 2024 yılında yayımlandığını bildirmiştir. Bu farklılıklar dikkate alındığında, bu araştırmada verilen yüzdeler bütün alanın evrensel dağılımı olarak değil, kullanılan ölçütlerle oluşturulan 58 çalışmalık grubun görünümü olarak okunmalıdır. Üç derlemenin kapsam tanımları ve ulaştıkları sayılar Tablo 1'de karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

3.2. Çalışmaların Yayın Eğilimi ve Araştırma Bağlamı

Nihai 58 çalışmanın 39'u (%67,2) 2023–2025 yılları arasında yayımlanmıştır. En yoğun yıl 20 çalışmayla (%34,5) 2024'tür; bunu 13 çalışmayla (%22,4) 2025 ve altı çalışmayla (%10,3) 2023 izlemektedir. 31 Mayıs 2026 kesim tarihine kadar beş çalışma (%8,6) kapsama girmiştir. Coğrafi bağlam bakımından Türkiye 16 çalışmayla (%27,6) ilk sırada yer almakta; ABD sekiz (%13,8), Hong Kong ise yedi çalışmayla (%12,1) izlemektedir. Bu oranlar, ülkelerin genel yayın üretkenliğini değil, yalnızca bu çalışmada oluşturulan grubun bileşimini göstermektedir. Yıl, desen ve katılımcı dağılımları Tablo 2'te sunulmuştur.

Tablo 2. İncelenen Çalışmaların Temel Betimsel Dağılımları (k = 58)

Boyut / kategori	f	%
Yayın yılı: 2017	1	%1,7
Yayın yılı: 2019	2	%3,4
Yayın yılı: 2020	3	%5,2
Yayın yılı: 2021	5	%8,6
Yayın yılı: 2022	3	%5,2
Yayın yılı: 2023	6	%10,3
Yayın yılı: 2024	20	%34,5
Yayın yılı: 2025	13	%22,4
Yayın yılı: 2026	5	%8,6
Desen: Nitel	23	%39,7
Desen: Karma	11	%19,0
Desen: Nicel-betimsel	7	%12,1
Desen: Nicel-yarı deneysel	8	%13,8
Desen: Nicel-deneysel	7	%12,1
Desen: Tasarım tabanlı	2	%3,4
Katılımcı: Yalnız çocuk	26	%44,8
Katılımcı: Yalnız öğretmen	18	%31,0
Katılımcı: Çok paydaşlı	7	%12,1
Katılımcı: Öğretmen adayı	6	%10,3
Katılımcı: Yalnız ebeveyn	1	%1,7

Nitel çalışmalar 23 çalışmayla (%39,7) en büyük tek yöntem grubunu oluşturmaktadır. Bununla birlikte karma yöntemli 11 çalışma (%19,0), sekiz yarı deneysel (%13,8), yedi deneysel (%12,1), yedi nicel-betimsel (%12,1) ve iki tasarım tabanlı çalışma (%3,4) bulunmaktadır. Deneysel ve yarı deneysel çalışmaların toplamının 15 çalışmaya (%25,9) ulaşması, alanın yalnızca küçük ölçekli nitel araştırmalardan oluşmadığını göstermektedir.

Katılımcılar açısından bakıldığında 26 çalışma (%44,8) yalnız çocuklarla, 18 çalışma (%31,0) yalnız öğretmenlerle yürütülmüştür. Yedi çalışma (%12,1) birden fazla paydaş grubunu

içermekte, altı çalışma (%10,3) öğretmen adaylarına, bir çalışma (%1,7) ise yalnız ebeveynlere odaklanmaktadır. Bu tablo, çocuklarla yürütülen araştırmaların güçlü bir hat oluşturduğunu; ancak öğretmen ve diğer yetişkin paydaşların da literatürde önemli bir yer tuttuğunu göstermektedir.

3.3. YZ Teknolojileri ve Yapay Zekânın Araştırmadaki Konumu

Kullanılan teknoloji türlerine bakıldığında en geniş grup 18 çalışmayla (%31,0) genel ya da birden fazla YZ uygulamasını ele alan çalışmalardır. Üretken YZ 15 (%25,9), robotik ve akıllı oyuncaklar 14 (%24,1), konuşma ajanı/NLP sistemleri beş (%8,6), YZ tabanlı medya veya mobil sistemler dört (%6,9) ve akıllı öğretici/ajan sistemleri iki çalışmada (%3,4) yer almıştır. Üretken YZ çalışmalarındaki artış özellikle 2024 sonrasında öğretmen odaklı araştırmalarda belirginleşmektedir.

YZ'nin araştırmadaki konumu üçlü sınıflama ile daha açık hâle gelmektedir. En büyük grupta yer alan 27 çalışma (%46,6), çocuklara yönelik bir öğretim uygulamasından çok öğretmen, öğretmen adayı veya ebeveynlerin YZ'ye ilişkin tutumlarını, kabulünü, risk algısını ya da mesleki kullanımını incelemiştir. Yirmi iki çalışmada (%37,9) YZ, çocukların başka bir öğrenme ya da gelişim hedefini destekleyen pedagojik araç olarak kullanılmıştır. Yalnızca dokuz çalışma (%15,5) YZ'yi doğrudan çocuğun öğrendiği konu hâline getirmiştir. Teknoloji, kuram ve YZ'nin araştırmadaki konumuna ilişkin dağılımlar Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Teknoloji, Kuram ve Yapay Zekânın Araştırmadaki Konumu (k = 58)

Boyut / kategori	f	%
Genel/çeşitli YZ	18	%31,0
Üretken YZ	15	%25,9
Robotik/akıllı oyuncak	14	%24,1
Konuşma ajanı/NLP	5	%8,6
YZ tabanlı medya/mobil	4	%6,9
Akıllı öğretici/agent	2	%3,4
Kuram: Belirtilmemiş	40	%69,0
Kuram: Açık	18	%31,0
YZ konumu: (a) Çocuk öğrenmesinde pedagojik araç	22	%37,9
YZ konumu: (b) Çocuk için öğrenme/okuryazarlık konusu	9	%15,5
YZ konumu: (c) Yetişkin kabulü, algısı ve mesleki uygulama nesnesi	27	%46,6

3.4. Kuramsal Dayanaklar

Kuramsal dayanak, çalışma grubunun belirgin zayıflıklarından biridir. Elli sekiz çalışmanın 40'ında (%69,0) açık bir kuramsal çerçeve belirtilmemiştir; yalnızca 18 çalışmada (%31,0) adı konmuş bir kuram ya da model araştırmanın tasarımı veya yorumuyla ilişkilendirilmiştir. Bu

bulgu, teknolojinin hızla araştırma gündemine girmesine karşın gelişimsel ve pedagojik açıklamanın aynı hızla güçlenmediğine işaret etmektedir.

3.5. Öğrenme/Gelişim Çıktıları

İncelenen çıktıların başında yetişkinlerin tutum ve kabulü gelmektedir; bu grupta 18 çalışma (%31,0) vardır. Bilişsel, akademik ve yaşam becerilerine 10 çalışma (%17,2), YZ okuryazarlığı ve kavramsal anlamaya dokuz (%15,5), yetişkin beceri veya performansına dokuz (%15,5), dil ve erken okuryazarlığa sekiz (%13,8), sosyal-duygusal çıktılara üç (%5,2), yaratıcılık veya öz düzenlemeye ise bir çalışma (%1,7) odaklanmıştır. Ayrıntılı dağılım Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Çıktı, Öğretmen Rolü ve Etik Düzeyi (k = 58)

Boyut / kategori	f	%
Çıktı: Yetişkin tutum/kabul	18	%31,0
Çıktı: Bilişsel/akademik/yaşam becerileri	10	%17,2
Çıktı: YZ okuryazarlığı/kavramsal	9	%15,5
Çıktı: Yetişkin beceri/performans	9	%15,5
Çıktı: Dil/erken okuryazarlık	8	%13,8
Çıktı: Sosyal-duygusal	3	%5,2
Çıktı: Yaratıcılık/öz düzenleme	1	%1,7
Öğretmen rolü: Uygulayıcı	23	%39,7
Öğretmen rolü: Tutum/kabul öznesi	18	%31,0
Öğretmen rolü: Ele alınmamış	9	%15,5
Öğretmen rolü: Pedagojik aracı	5	%8,6
Öğretmen rolü: Ortak tasarımcı	3	%5,2
Etik: Yüzeysel	45	%77,6
Etik: Değinilmemiş	8	%13,8
Etik: Sistematik	5	%8,6

3.6. Öğretmenin Konumlandırılışı

Öğretmen, çalışma grubunda çoğunlukla uygulayıcı olarak konumlandırılmıştır (23 çalışma; %39,7). On sekiz çalışmada (%31,0) öğretmenin kendisi tutum ya da kabul araştırmasının öznesidir. Dokuz çalışmada (%15,5) öğretmen doğrudan ele alınmamış; beş çalışmada (%8,6) pedagojik aracı, üç çalışmada (%5,2) ise ortak tasarımcı rolündedir. Bu nedenle asıl eksiklik öğretmenin tamamen görünmez olması değil, çocuk ile YZ arasındaki etkileşimi nasıl yönlendirdiğinin doğrudan incelendiği çalışmaların azlığıdır.

3.7. Etik ve Çocuk Hakları

Etik konular 45 çalışmada (%77,6) yalnızca yüzeysel biçimde ele alınmıştır. Sekiz çalışma (%13,8) etik boyuta analitik olarak yer vermezken, beş çalışma (%8,6) sistematik etik bütünleştirme ölçütlerini karşılamıştır. Buradaki "sistematik" tanımı etik kurul onayından farklıdır; mahremiyet, risk, veri yönetişimi, çocuk hakları veya şeffaflık gibi konuların araştırma sorusuna, tasarıma ya da analize fiilen dâhil edilmesini ifade etmektedir. Çalışma

grubu genişledikçe önceki "hiçbir çalışma sistematik düzeyde değil" sonucu da geçerliliğini yitirmiştir.

Son yıllardaki bazı çalışmalar etik konuların araştırma tasarımında daha görünür hâle gelmeye başladığını düşündürmektedir. Camparo ve arkadaşları (2026), 208 katılımcıyla ebeveynler ve erken çocukluk eğitimcilerinin veri paylaşımı ile kişiselleştirmeye ilişkin görüşlerini karşılaştırmıştır. Hao ve arkadaşları (2026), 399 geçerli anket ve 15 görüşme üzerinden algılanan risk ile okul öncesi öğretmenlerinin üretken YZ kullanma niyeti arasında olumsuz bir ilişki bulmuştur. Tanik Önal ve arkadaşları (2026) ise veri mahremiyeti ve dijital iyi oluşu öğretmen görüşmelerinde doğrudan tema olarak ele almıştır.

3.8. Türkiye Kaynaklı Çalışmalar

İnceleme kapsamındaki 58 çalışmanın 16'sı (%27,6) Türkiye bağlamında yürütülmüştür. Bunların dokuzu nitel, üçü karma, ikisi yarı deneysel, biri tasarım tabanlı ve biri nicel-betimseldir. On çalışma yalnız öğretmenlerle, iki çalışma öğretmen adaylarıyla, üç çalışma birden fazla paydaş grubuyla ve bir çalışma yalnız çocuklarla yürütülmüştür. YZ'nin araştırmadaki konumu açısından iki çalışma pedagojik araç, bir çalışma çocuk için öğrenme konusu, 13 çalışma ise yetişkinlerin kabulü, algısı veya mesleki uygulaması kategorisindedir. Açık kuramsal çerçeve yalnız bir çalışmada görülmüş, 15 çalışmada belirtilmemiştir. Etik kodlamada 11 çalışma yüzeysel, üç çalışma değinilmemiş, iki çalışma sistematik düzeydedir. Bu dağılımlar Tablo 5'da özetlenmiştir.

Tablo 5. Türkiye Bağlamlı Çalışmaların İnceleme İçindeki Görünümü (k = 16)

Boyut	Dağılım	Yorum
Toplam Türkiye çalışması	16	%27,6
Desen	Nitel: 9; Karma: 3; Nicel-yarı deneysel: 2; Nicel-betimsel: 1; Tasarım tabanlı: 1	Yöntemsel çeşitlenme
Katılımcı	Yalnız öğretmen: 10; Çok paydaşlı: 3; Öğretmen adayı: 2; Yalnız çocuk: 1	Öğretmen ağırlığı
YZ konumu	(a) 2; (b) 1; (c) 13	Yetişkin kabulü baskın
Kuramsal çerçeve	Belirtilmemiş: 15; Açık: 1	Açık kuram çok sınırlı
Etik kod	Yüzeysel: 11; Değinilmemiş: 3; Sistematik: 2	Sistematik etik: 2 çalışma

3.9. Kaynakça ve Yazar Taramasının Kapsama Katkısı

Ara listedeki 41 çalışmanın ardından yapılan kaynakça ve yazar taraması, kapsamın yalnızca ilk aday listelerle kesinleştirilemeyeceğini göstermiştir. İki güncel derlemenin kaynakçaları tarandığında 17 ek aday çalışma belirlenmiş; bunlardan biri tam metin denetiminde YZ'yi doğrudan incelemediği için kapsam dışında bırakılmıştır. Böylece kaynakça izleme yoluyla 16 çalışma nihai gruba eklenmiştir. Hedefli yazar taraması ise Uğraş'ın (2024) 16 okul öncesi öğretmeniyle yürüttüğü ayrı ChatGPT çalışmasını ortaya çıkarmıştır. Literatür incelemeleri,

YZ dışı teknolojilere odaklanan çalışmalar ve YZ'yi yalnızca araştırmacının analiz aracı olarak kullandığı yayınlar kapsam dışında tutulmuştur. Bu iki aşamada nihai gruba eklenen 17 çalışmanın temel özellikleri Tablo 6'de gösterilmektedir.

Tablo 6. Kaynakça ve Yazar Taramasıyla Nihai Gruba Eklenen Çalışmalar (n = 17)

Çalışma	Temsilci kaynak	Yıl	Bağlam	Desen	Katılımcı
F42	Ahmad vd. (2021)	2021	Mısır	Nicel-yarı deneysel	Yalnız çocuk (n=40)
F43	Bayoumi (2024)	2024	Mısır	Nicel-yarı deneysel	Yalnız çocuk (n=30)
F44	Elmorsy vd. (2025)	2025	Suudi Arabistan	Nicel-yarı deneysel	Yalnız öğretmen (n=45)
F45	Fatmawati & Raharjo (2024)	2024	Endonezya	Nitel	Yalnız çocuk (n=20)
F46	Kazanidis & Pellas (2024)	2024	Yunanistan	Nicel-betimsel	Öğretmen adayı (n=32)
F47	Mohammed (2023)	2023	Gana	Nitel	Yalnız öğretmen (n=8)
F48	Samara & Kotsis (2024)	2024	Yunanistan	Nitel	Yalnız çocuk (n=raporda açık değil)
F49	Utepbayeva vd. (2024)	2024	Kazakistan	Karma	Çok paydaşlı (n=196)
F50	Villegas-Ch vd. (2022)	2022	Ekvador	Nitel	Yalnız çocuk (n=12)
F51	Abbas vd. (2021)	2021	Pakistan/Tayvan	Nicel-yarı deneysel	Yalnız çocuk (n=raporda açık değil)
F52	Bonneton-Botté vd. (2020)	2020	Fransa	Nicel-deneysel	Yalnız çocuk (n=233)
F53	Del Moral-Pérez vd. (2024)	2024	İspanya	Nicel-betimsel	Öğretmen adayı (n=77)
F54	Gulz, Londos & Haake (2020)	2020	İsveç	Nicel-deneysel	Yalnız çocuk (n=36)
F55	Samuelsson (2023)	2023	İsveç	Nitel	Yalnız çocuk (n=22)
F56	Uğraş vd. (2025)	2025	Türkiye	Nitel	Yalnız öğretmen (n=18)
F57	Xu, Vigil, Bustamante & Warschauer (2022)	2022	ABD	Nicel-deneysel	Yalnız çocuk (n=77)
F58	Uğraş (2024)	2024	Türkiye	Nitel	Yalnız öğretmen (n=16)

Bu genişleme iki açıdan önemlidir. İlk olarak, 41 çalışmalık ara listenin nihai sayı olarak kabul edilmesi kaynakça izleme sonuçlarıyla uyuşmamaktadır. İkinci olarak, ilk listenin dışında yalnızca öğretmen ve üretken YZ çalışmalarının değil, çocuklara doğrudan uygulanan YZ müdahalelerinin, mobil ve kişiselleştirilmiş sistemlerin ve YZ okuryazarlığı araştırmalarının

da bulunduğu görülmüştür. Bu nedenle 58 çalışmalık son grup yalnızca daha büyük değil, kapsam bakımından da daha dengelidir.

4. TARTIŞMA

4.1. Nicel Büyüme Kesin, "Toplam Çalışma Sayısı" Kapsama Bağımlıdır

Yayımlanmış derlemelerin 17, 47 ve 39 gibi farklı sayılara ulaşması ile bu araştırmada 58 çalışmanın incelenmesi bir çelişki değildir. Her derleme farklı yaş sınırları, yayın türleri ve YZ kullanım tanımları benimsemektedir. Burada dikkat çekici olan yalnızca son sayı değil, 21'den 22'ye, 41'e ve ardından 58'e giden sürecin nedenleriyle birlikte izlenebilmesidir. Özellikle kaynakça taraması, başlangıçta oluşturulan bir aday listesinin kendiliğinden "nihai evren" sayılamayacağını göstermiştir.

Çalışmaların 39'unun (%67,2) 2023–2025 döneminde yayımlanmış olması, alanın ne kadar hızlı büyüdüğünü göstermektedir. Yalnızca 2024 yılında 20 çalışma (%34,5) yayımlanmıştır. Buna karşılık yayın sayısındaki artış, kuramsal ve yöntemsel olgunluğun aynı hızla geliştiği anlamına gelmemektedir. Açık bir kuramsal çerçevenin çalışmaların yalnızca %31,0'inde görülmesi bunun en belirgin göstergelerinden biridir.

4.2. "Nitel Bir Alan"dan Yöntemsel Çeşitlenmeye

Nitel araştırmalar en büyük tek desen grubunu oluştursa da (%39,7), nicel, karma ve tasarım tabanlı çalışmalar birlikte çoğunluktadır. Deneysel ve yarı deneysel araştırmaların toplamı 15 çalışmaya (%25,9) ulaşmıştır. Dolayısıyla alanı artık yalnızca küçük ölçekli nitel keşiflerle tanımlamak mümkün değildir. Bununla birlikte uzun dönemli izleme çalışmalarının ve güçlü nedensel tasarımların hâlâ sınırlı olduğu görülmektedir.

4.3. En Büyük Grup Çocuğa Değil Yetişkine Bakıyor; Kuramsal Temellendirme Zayıf

Üçlü sınıflama, önceki ikili ayrımın görünmez bıraktığı önemli bir örüntüyü ortaya çıkarmıştır. En büyük grup, YZ'yi çocuklara yönelik bir öğretim uygulamasının parçası olarak değil, yetişkinlerin tutum, kabul ve mesleki kullanımının konusu olarak inceleyen 27 çalışmadan oluşmaktadır (%46,6). Bu tablo, alanın önemli bir bölümünün hâlâ teknolojinin sınıfta nasıl kullanılacağından önce, öğretmenlerin ve ailelerin onu benimseyip benimsemeyeceği sorusuna odaklandığını düşündürmektedir. Buna karşılık 22 çalışma (%37,9) YZ'yi çocukların öğrenmesini destekleyen pedagojik bir araç olarak kullanmış, yalnızca dokuz çalışma (%15,5) çocukların YZ'yi doğrudan öğrenmesini hedeflemiştir. Çocukların kendi YZ kavrayışına odaklanan çalışmaların en küçük grup olması, gelişimsel olarak uygun YZ okuryazarlığı araştırmalarına duyulan ihtiyacı açıkça göstermektedir.

Açık bir kuramsal çerçevenin yalnızca 18 çalışmada (%31,0) bulunması da bu tabloyu tamamlamaktadır. Teknolojinin kullanılmış olması tek başına erken çocukluk bağlamının sosyal, gelişimsel ve pedagojik özelliklerini açıklamaya yetmemektedir. Bu nedenle sonraki çalışmaların teknoloji seçiminin yanında, öğrenmenin hangi kuramsal varsayımlar üzerinden açıklanacağını da daha açık biçimde ortaya koyması gerekir.

4.4. Öğretmen "Yok" Değil; Fakat Pedagojik Aracılık Hâlâ Az İnceleniyor

Öğretmen yalnızca dokuz çalışmada (%15,5) araştırmanın dışında kalmıştır. En sık görülen rol uygulayıcılıktır (%39,7); bunu tutum/kabul araştırmasının öznesi olma (%31,0), pedagojik aracılık (%8,6) ve ortak tasarımcılık (%5,2) izlemektedir. Dolayısıyla sorun öğretmenin literatürde yer almaması değildir. Daha sınırlı olan, öğretmenin çocuk ile YZ arasındaki etkileşimi sınıf içinde nasıl yönettiğine ilişkin doğrudan veridir.

2025–2026 dönemindeki çalışmalar bu açıdan bir değişime işaret etmektedir. Mesleki gelişim müdahaleleri (Özenoğlu vd., 2026), geniş örneklemli kabul modelleri (Şakir, 2026; Hao vd., 2026) ve üretken YZ destekli planlama araştırmaları (Uğraş & Uğraş, 2025) öğretmeni daha etkin bir pedagojik aktör olarak ele almaya başlamıştır. Bunun yanında öğretmenlerin YZ'ye hazırlanmasının yalnızca teknolojik bilgi ve kullanım becerileriyle açıklanamayabileceğine ilişkin bulgular da bulunmaktadır. Öğretmen adaylarıyla yürütülen bir çalışmada, öz düzenlemenin öz değerlendirmeye dayalı AI-TPACK'in temel ve bütünleşik bilgi boyutlarının anlamlı bir yordayıcısı olduğu, buna karşılık sosyal-duygusal uzmanlığın AI-TPACK boyutlarıyla anlamlı bir ilişki göstermediği belirlenmiştir (Şahin, 2025). Bu sonuç, YZ yeterliklerinin geliştirilmesinde teknolojik-pedagojik bilginin yanında öğrenmeyi planlama, izleme ve düzenleme gibi üstbilişsel süreçlerin de önem taşıyabileceğini düşündürmektedir. Bundan sonraki çalışmaların öğretmenin soru sorma, geri bildirim verme, YZ çıktısını doğrulama ve çocukların yanlış anlamalarına müdahale etme biçimlerini doğrudan sınıf içi etkileşim üzerinden incelemesi önemlidir.

4.5. Etik Duyarlılık "Bahsetme"den Tasarıma Gömülmeye Geçmelidir

Etik açıdan tablo daha temkinli okunmalıdır. Beş çalışma (%8,6) etik konuları araştırma tasarımına sistematik biçimde dâhil etmiş olsa da, 45 çalışmada (%77,6) etik yalnızca yüzeysel olarak ele alınmıştır. Bu durum mahremiyet, çocuk rızası, veri yönetişimi ve şeffaflığın hâlâ çoğu araştırmada merkezi bir tasarım unsuru olmadığını göstermektedir.

Camparo ve arkadaşları (2026) ile Hao ve arkadaşlarının (2026) bulguları, etik kaygıların yalnızca ilkesel bir tartışma olmadığını; doğrudan uygulamayı etkileyebildiğini göstermektedir. Ebeveynlerin veri paylaşımına daha temkinli yaklaşması ve algılanan risk

arttıkça öğretmenlerin üretken YZ kullanma niyetinin azalması, etik ile benimseme arasındaki bağı görünür kılmaktadır. Bu nedenle etik, araştırmaların sonunda kısa bir sınırlılık notu olarak değil, tasarımın başından itibaren ele alınmalıdır.

4.6. Türkiye: Yöntemsel Çeşitlenme Var, Kuramsal Boşluk Sürüyor

Türkiye'deki 16 çalışma, yöntem bakımından artık tek tip bir görünüm sergilememektedir; nitel, karma, yarı deneysel, nicel-betimsel ve tasarım tabanlı çalışmalar birlikte bulunmaktadır. Buna karşın kuramsal temel zayıftır: yalnızca bir çalışmada açık bir kuramsal çerçeve belirlenmiştir. Ayrıca yetişkin odaklı çalışmaların ağırlığı, doğrudan çocuk çıktısını ve sınıf içi etkileşimi ölçen araştırmalara daha fazla ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Özenoğlu ve arkadaşlarının (2026) 24 deney ve 24 kontrol katılımcısıyla yürüttüğü öğretmen eğitimi çalışması, Türkiye'deki literatürün yarı deneysel müdahalelere yöneldiğini göstermektedir. Tosun'un (2025) beş yaş çocuklarıyla yürüttüğü YZ destekli dijital hikâye araştırması da doğrudan çocuk çıktısına odaklanan uygulamaların yapılabildiğini göstermiştir. Bundan sonraki adım, bu tür müdahaleleri programla bütünleştiren, daha büyük örneklemler kullanan ve izleme ölçümleri içeren araştırmalar geliştirmektir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma, okul öncesi YZ literatürünün hızla genişlediğini ve kullanılan kapsam ölçütlerinin ulaşılan çalışma sayısını önemli ölçüde değiştirdiğini göstermektedir. Önceki 40 kayıtlık listenin yeniden incelenmesi, 27 adaylık genişletme, iki güncel derlemenin kaynakçalarının taranması ve hedefli yazar araması sonunda 58 ayrı çalışmadan oluşan bir çalışma grubu elde edilmiştir. Bu sayı, 2016–2026 dönemindeki bütün okul öncesi YZ araştırmalarının eksiksiz toplamı değildir. Buna karşılık, hangi çalışmanın neden eklendiği, dışlandığı ya da başka bir raporla birleştirildiği izlenebildiği için önceki ara listelere göre daha şeffaf bir kanıt tabanı sunmaktadır.

Genel tablo üç noktada dikkat çekmektedir. İlk olarak, çalışmaların en büyük bölümü çocukların YZ ile doğrudan öğrenmesinden çok, yetişkinlerin YZ'ye ilişkin kabul, algı ve mesleki uygulamalarına odaklanmaktadır. İkinci olarak, açık kuramsal temellendirme hâlâ sınırlıdır ve öğretmen araştırmalarda görünür olsa da pedagojik aracılık doğrudan daha az incelenmektedir. Üçüncü olarak, etik konuların araştırma tasarımına sistematik biçimde yerleştirildiği çalışma sayısı düşüktür. Kaynakça izleme süreci ayrıca, ilk çalışma grubunun dışında hem öğretmen ve üretken YZ araştırmalarının hem de çocuklara doğrudan uygulanan YZ müdahalelerinin bulunduğunu göstermiştir.

5.1. Araştırmaya Yönelik Öncelikler

1. Yeni derlemelerde veritabanı dışa aktarımları, yinelenen kayıtlar, tam metin dışlama nedenleri ve nihai çalışma listesi ek dosya olarak paylaşılmalı; PRISMA sayıları doğrudan bu ham kayıtlardan üretilebilmelidir.

2. Erken çocukluk yaş sınırı açık ve önceden tanımlanmalı; ilkokulla karışık örneklemlerde 3–6 yaş verisi ayrıştırılamıyorsa çalışma çocuk düzeyi frekanslara alınmamalıdır.

3. Çocukla yürütülen müdahalelerde örneklem büyüklüğü, uygulama süresi, karşılaştırma grubu ve izleme ölçümleri güçlendirilmelidir.

4. YZ okuryazarlığı araştırmaları, çocukların kavramsal bilgisini yalnız anketle değil oyun, performans görevi, konuşma, çizim ve gözlem gibi yaşa uygun çoklu veri kaynaklarıyla ölçmelidir.

5. Öğretmen aracılığı; tutumdan farklı bir araştırma nesnesi olarak sınıf içi söylem, geri bildirim, ortak dikkat ve hata düzeltme davranışları üzerinden analiz edilmelidir.

6. Etik; veri mahremiyeti, çocuk rızası, ebeveyn onamı, veri saklama/silme, model yanlılığı, şeffaflık ve ticari kullanım boyutlarıyla yöntem tasarımına gömülmelidir.

7. Üretken YZ çalışmalarında çocukların doğrudan LLM etkileşimleri, antropomorfizm, yanlış bilgi, bağımlılık/yer değiştirme etkileri ve insan etkileşiminin niteliği gelişimsel olarak sınanmalıdır.

8. Türkiye'de programla bütünleşik, kuramsal temelli, çocuk çıktılarını ölçen ve izleme verisi içeren çok merkezli müdahaleler geliştirilmelidir.

5.2. Öğretmen Eğitimi ve Program Geliştirme

Öğretmen eğitimi yalnızca belirli bir YZ aracının nasıl kullanılacağını öğretmekle sınırlı kalmamalıdır. Öğretmenlerin YZ'nin temel çalışma mantığını, üretken içeriklerin nasıl doğrulanacağını, gelişimsel uygunluğu, çocukların teknolojiye ilişkin düşünme biçimlerini, veri mahremiyetini ve ailelerle iletişimi birlikte ele alabilmeleri gerekir. Bu nedenle YZ okuryazarlığının ayrı ve bağımsız bir ders olarak düşünülmesinden çok; materyal geliştirme, fen ve matematik, oyun, dil, dijital okuryazarlık ve etik karar verme gibi mevcut derslerin içine dağıtılması daha işlevsel olabilir.

Program geliştirme açısından temel amaç küçük çocuklara teknik kavramları ezberletmek değildir. Daha anlamlı olan, YZ sistemlerinin insanlar tarafından tasarlandığını, verilerden örüntüler öğrendiğini, hata yapabildiğini ve ürettiği her bilginin doğru olmayabileceğini çocukların yaşına uygun oyun ve sorgulama deneyimleriyle fark ettirmektir. Böyle bir yaklaşım, YZ'yi hem kullanılan bir araç hem de üzerinde düşünülen bir konu hâline getirebilir.

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Okul Öncesi Eğitim Programı'nın beceri, değer ve eğilim temelli yapısı (Millî Eğitim Bakanlığı, 2024) bu bütünleştirme için uygun bir zemin sunmaktadır. YZ okuryazarlığı, ayrı bir öğrenme alanı açmak yerine bilgi okuryazarlığı, eleştirel düşünme ve karar verme becerileriyle ilişkilendirilebilir.

5.3. Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu çalışmanın başlıca sınırlılığı, yeni ve kapsamlı bir Scopus, Web of Science ya da ERIC dışa aktarımıyla başlatılmış de novo sistematik tarama olmamasıdır. Bu nedenle k=58, 2016–2026 dönemindeki bütün çalışmaların eksiksiz toplamı olarak değil; önceki aday listenin yeniden incelenmesi, iki güncel derlemenin kaynakçalarının taranması ve hedefli yazar aramasıyla oluşturulan doğrulanmış çalışma grubu olarak değerlendirilmelidir. Buna karşılık 41 çalışmalık ara listenin korunması ve sonradan yapılan her ekleme ile dışlamanın karar günlüğünde gösterilmesi, kapsamın nasıl genişlediğini izlemeyi mümkün kılmaktadır.

İkinci sınırlılık, aynı araştırmadan üretilen bağlantılı raporların ortak veri seti kullanıp kullanmadığının yalnızca yayınlarda verilen bilgiler üzerinden belirlenebilmesidir. Bazı çalışmalarda örneklem büyüklüğü de açık biçimde raporlanmamıştır. Ayrıca kodlayıcılar arası güvenirlik incelemesi nihai 58 çalışmanın tamamında değil, farklı YZ konumlarını, bağlamları ve araştırma desenlerini yansıtacak biçimde seçilen 15 çalışmalık (%25,9) alt grup üzerinde yürütülmüştür. Bu alt grupta yorum gerektiren dört kategori için elde edilen Cohen's $\kappa = .89$ değeri yüksek bir kodlayıcı uyumu göstermekle birlikte, tüm veri setinin çift kodlandığı biçiminde yorumlanmamalıdır. Bu sınırlılığı azaltmak amacıyla karar kuralları önceden belirlenmiş, sınırda kalan kodlar çalışma düzeyinde gerekçelendirilmiş ve elektronik kodlama izi korunmuştur. Nihai 58 çalışmaya ait kodlar elektronik Excel ekinde sunulmaktadır.

Etik Beyan

Bu çalışma yayımlanmış ikincil veriler üzerinde yürütüldüğü için insan katılımcı içermemekte ve etik kurul onayı gerektirmemektedir. Araştırmanın tüm aşamalarında bilimsel araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyulmuştur.

Çıkar çatışması: Tek yazarlı bir araştırmadır.

Finansman: Çalışma herhangi bir kurum veya kuruluştan finansal destek almamıştır.

Veri erişilebilirliği: İlk 40 aday kayıt, 17 dışlama kararının yeniden inceleme günlüğü, 41 çalışmalık ara liste, kaynakça ve yazar taraması karar günlüğü, kodlama kılavuzu, kodlayıcılar arası güvenirlik karşılaştırma kayıtları ve 58 çalışmalık nihai veri seti elektronik Excel ekinde istenildiği takdirde sunulabilir.

KAYNAKÇA

Abbas, M. A., Hwang, G.-J., Ajayi, S., Mustafa, G., & Bilal, M. (2021). Modelling and exploiting taxonomic knowledge for developing mobile learning systems to enhance children's structural and functional categorization. Computers and Education: Artificial Intelligence, 2, 100007. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100007

Ahmad, W. A. A. F. M., Fahmi, A. A., & Abd Allah, M. M. (2021). Reading and writing skills development for kindergarten children with learning disabilities using artificial intelligence applications. Journal of Childhood, 37(1), 387–411.

Akdeniz, M. (2019). Okul öncesi çocuklarına yönelik yapay zekâ tabanlı akıllı oyuncaklar: Tasarım tabanlı bir çalışma [Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi, Tez No. 616943.

Akdeniz, M., & Özdinç, F. (2021). Maya: An artificial intelligence based smart toy for pre-school children. International Journal of Child-Computer Interaction, 29, 100347. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100347

Almousa, O., & Alghowinem, S. (2023). Conceptualization and development of an autonomous and personalized early literacy content and robot tutor behavior for preschool children. User Modeling and User-Adapted Interaction, 33, 261–291. https://doi.org/10.1007/s11257-022-09344-9

Ani-Rus, A., Catalano, C., Mestic, G., & Catalano, H. (2023). A study regarding early teacher's perception toward the introduction of artificial intelligence applications and the use of educational robots in the teaching process. Educatia 21, 25, 335–346. https://doi.org/10.24193/ed21.2023.25.38

Arıkanoğlu, M., & Yaman Lesinger, F. (2024). Okul öncesi öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik tutumlarının belirlenmesi (KKTC örneği). International Journal of Su-Ay Development Association, 3(2), 80–91.

Aydoğan, Ç. (2025). Yapay zekâ uygulaması kullanımının okul öncesi öğretmen adaylarının akademik yazım becerilerine etkisi [Yüksek lisans tezi, Kastamonu Üniversitesi].

Bayoumi, A. A. S. (2024). Designing a proposed program based on artificial intelligence applications and measuring its effectiveness in developing the positive thinking skills of kindergarten children. Journal of Advanced Research in Education, 3(3), 45–65. https://doi.org/10.56397/JARE.2024.05.07

Bonneton-Botté, N., Fleury, S., Girard, N., Le Magadou, M., Cherbonnier, A., Renault, M., Anquetil, E., & Jamet, E. (2020). Can tablet apps support the learning of handwriting? An investigation of learning outcomes in kindergarten classroom. Computers & Education, 151, 103831. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103831

Camparo, S., Pernaudet, J., Maule, B., & Suskind, D. L. (2026). Is AI our ally in early childhood education? Depends on who you ask. Early Childhood Education Journal, 54(5), 4263–4275. https://doi.org/10.1007/s10643-026-02154-3

Chen, W., Wang, Y., Hu, L., & Yang, G. (2024). A survey study of kindergarten teachers' use of ChatGPT to support instructional design. Journal of Educational Technology and Innovation, 6(3), 47–55. https://doi.org/10.61414/jeti.v6i3.208

Del Moral-Pérez, M. E., López-Bouzas, N., & Castañeda-Fernández, J. (2024). Transmedia skill derived from the process of converting films into educational games with augmented reality and artificial intelligence. Journal of New Approaches in Educational Research, 13, 15. https://doi.org/10.1007/s44322-024-00015-8

Druga, S., Williams, R., Breazeal, C., & Resnick, M. (2017). "Hey Google is it OK if I eat you?": Initial explorations in child-agent interaction. Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children, 595–600. https://doi.org/10.1145/3078072.3084330

Elmorsy, G. N., Al-Muoaeweed, O., Al Yahya, H. T., & Nour Zaher, A. M. (2025). Investigating the role of artificial intelligence in developing free writing and self-authorship skills for female kindergarten teachers. Pakistan Journal of Life and Social Sciences, 23(1), 206–213. https://doi.org/10.57239/PJLSS-2025-23.1.0018

Fatmawati, N. M., & Raharjo. (2024). Utilization of artificial intelligence-based learning videos: Enhancing learning interest in early childhood moral education. Golden Age: Jurnal Ilmiah Tumbuh Kembang Anak Usia Dini, 9(3), 475–486. https://doi.org/10.14421/jga.2024.93-09

Gulz, A., Londos, L., & Haake, M. (2020). Preschoolers' understanding of a teachable agent-based game in early mathematics as reflected in their gaze behaviors—An experimental study. International

Journal of Artificial Intelligence in Education, 30, 38–73. https://doi.org/10.1007/s40593-020-00193-4
Hao, C., Wang, Z., & Wang, P. (2026). Preschool teachers' intentions to use GenAI: Extending UTAUT. Behavioral Sciences, 16(6), 840. https://doi.org/10.3390/bs16060840
Kalaba Yıldırım, Ö., & Önder, A. (2025). Okul öncesi öğretmenlerinin eğitimde yapay zekâ kullanımı hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. Kastamonu İnsan ve Toplum Dergisi, 3(5), 133–166. https://doi.org/10.5281/zenodo.15488892
Kardeş, S., Uygun, N., & Terim Türkmen, T. (2025). Attitudes of preschool teachers towards artificial intelligence. Southeast Asia Early Childhood Journal, 14(1), 126–142. https://doi.org/10.37134/saecj.vol14.1.9.2025
Kazanidis, I., & Pellas, N. (2024). Harnessing generative artificial intelligence for digital literacy innovation: A comparative study between early childhood education and computer science undergraduates. AI, 5(3), 1427–1445. https://doi.org/10.3390/ai5030068
Kewalramani, S., Kidman, G., & Palaiologou, I. (2021). Using Artificial Intelligence (AI)-interfaced robotic toys in early childhood settings: A case for children's inquiry literacy. European Early Childhood Education Research Journal, 29(5), 652–668. https://doi.org/10.1080/1350293X.2021.1968458
Kewalramani, S., Palaiologou, I., Dardanou, M., Allen, K.-A., & Phillipson, S. (2021). Using robotic toys in early childhood education to support children's social and emotional competencies. Australasian Journal of Early Childhood, 46(4), 355–369. https://doi.org/10.1177/18369391211056668
Köken, C., & Balaban Dağal, A. (2024). Investigation of preschool education teacher, preschool children and mothers' opinions on artificial intelligence. International Technology and Education Journal, 8(1), 24–35. https://doi.org/10.71410/ESApub.ITEJ.2024.3
Kölemen, E. B., & Yıldırım, B. (2025). A new era in early childhood education (ECE): Teachers' opinions on the application of artificial intelligence. Education and Information Technologies, 30, 17405–17446. https://doi.org/10.1007/s10639-025-13478-9
Küçükkara, M. F., Ünal, M., & Sezer, T. (2024). Okul öncesi eğitimi öğretmenlerinin yapay zekâya ilişkin görüşleri. Temel Eğitim Araştırmaları Dergisi, 4(1), 17–28. https://doi.org/10.55008/te-ad.1431142
Lee, C.-F., & Tang, S.-M. (2024). Can AI robot teaching improve children's performance in housework? A quasi-experimental study. Children, 11(11), 1330. https://doi.org/10.3390/children11111330
Lim, E. M. (2024). Metaphor analysis on pre-service early childhood teachers' conception of AI (Artificial Intelligence) education for young children. Thinking Skills and Creativity, 51, 101455. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101455
Ljungcrantz, L. (2026). The interaction of AI and early childhood education: A state-of-the-art review 2020–2024. Early Childhood Education Journal, 54(5), 3565–3581. https://doi.org/10.1007/s10643-025-02079-3
Luo, W., He, H., Gao, M., & Li, H. (2024). Safety, identity, attitude, cognition, and capability: The SIACC framework of early childhood AI literacy. Education Sciences, 14(8), 871. https://doi.org/10.3390/educsci14080871
Lu, R.-S., Lin, H.-C. K., Yang, Y.-C., & Chen, Y.-P. (2024). Integrating urban mining concepts through AI-generated storytelling and visuals: Advancing sustainability education in early childhood. Sustainability, 16(24), 11304. https://doi.org/10.3390/su162411304
Mart, M., & Kaya, G. (2024). Okul öncesi öğretmen adaylarının yapay zekâya yönelik tutumları ve yapay zekâ okuryazarlığı arasındaki ilişkinin incelenmesi. Edutech Research, 2(1), 91–109.
Mifsud, C. L., Bonello, C., & Kucirkova, N. I. (2025). Exploring the multifaceted roles of social robots in early childhood literacy lessons: Insights from a Maltese classroom. International Journal of Social Robotics, 17(7), 1235–1249. https://doi.org/10.1007/s12369-025-01290-x
Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Okul Öncesi Eğitim Programı. MEB Yayınları.

Mohammed, A. S. (2023). Examining the implementation of artificial intelligence in early childhood education settings in Ghana: Educators' attitudes and perceptions towards its long-term viability. American Journal of Education and Technology, 2(4), 36–49. https://doi.org/10.54536/ajet.v2i4.2201
Neumann, M. M., & Barry, R.-J. (2025). Preschool children's engagement with a social robot during early literacy and language activities. Education and Information Technologies. https://doi.org/10.1007/s10639-025-13727-x
Neumann, M. M., Koch, L.-C., Zagami, J., Reilly, D., & Neumann, D. L. (2023). Preschool children's engagement with a social robot compared to a human instructor. Early Childhood Research Quarterly, 65, 332–341. https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2023.07.010
Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. Computers and Education: Artificial Intelligence, 2, 100041. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041
Özenoğlu, Y. E., Aydoğdu, F., & Gürsoy, F. (2026). Preschool teachers' artificial intelligence awareness: An experimental study. European Journal of Education, 61(1), e70473. https://doi.org/10.1111/ejed.70473
Özoğul, B., & Çabuk, B. (2026). Artificial intelligence (AI) use in preschool: A PRISMA-based systematic review. Hacettepe University Journal of Education, 41(1), 1–15. https://doi.org/10.16986/hunefd.1724008
Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. PLOS Medicine, 18(3), e1003583. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003583
Samara, V., & Kotsis, K. T. (2024). Use of the artificial intelligence in teaching the concept of magnetism in preschool education. Journal of Digital Educational Technology, 4(2), ep2419. https://doi.org/10.30935/jdet/14864
Samuelsson, R. (2023). A shape of play to come: Exploring children's play and imaginaries with robots and AI. Computers and Education: Artificial Intelligence, 5, 100173. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100173
Su, J. (2024a). Development and validation of an artificial intelligence literacy assessment for kindergarten children. Education and Information Technologies, 29(16), 21811–21831. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12611-4
Su, J. (2024b). Kindergarten teachers' perceptions of AI literacy education for young children. International Journal of Technology and Design Education, 34(5), 1665–1685. https://doi.org/10.1007/s10798-024-09876-8
Su, J. (2025). Kindergarten parents' perceptions of the use of AI technologies and AI literacy education: Positive views but practical concerns. Education and Information Technologies, 30(1), 279–295. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12673-4
Su, J., & Yang, W. (2022). Artificial intelligence in early childhood education: A scoping review. Computers and Education: Artificial Intelligence, 3, 100049. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100049
Su, J., & Yang, W. (2023). Powerful or mediocre? Kindergarten teachers' perspectives on using ChatGPT in early childhood education. Interactive Learning Environments, 32(10). https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2266490
Su, J., & Yang, W. (2024a). AI literacy curriculum and its relation to children's perceptions of robots and attitudes towards engineering and science: An intervention study in early childhood education. Journal of Computer Assisted Learning, 40(1), 241–253. https://doi.org/10.1111/jcal.12867
Su, J., & Yang, W. (2024b). Artificial intelligence (AI) literacy in early childhood education: An intervention study in Hong Kong. Interactive Learning Environments, 32(9), 5494–5508. https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2217864
Su, J., Yang, W., Yim, I. H. Y., Li, H., & Hu, X. (2024). Early artificial intelligence education: Effects of cooperative play and direct instruction on kindergarteners' computational thinking, sequencing, self-regulation and theory of mind skills. Journal of Computer Assisted Learning, 40(6), 2917–2925. https://doi.org/10.1111/jcal.13040

Şahin, M. (2025). Analyzing the Foundations of Social Sustainability in Teacher Education: A Study of Self-Regulation, Social-Emotional Expertise, and AI-TPACK. Sustainability, 17(19), 8613. https://doi.org/10.3390/su17198613
Şakir, A. (2026). From play to practice: Unpacking preschool teachers' adoption of robotic toys through a multi-framework perspective. Education and Information Technologies. https://doi.org/10.1007/s10639-026-13899-0
Tanik Önal, N., Önal, N., & İlhan, A. G. (2026). Artificial intelligence in early childhood classrooms: Insights from in-service and pre-service teachers. European Early Childhood Education Research Journal. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/1350293X.2025.2610619
Tosun, C. (2025). Yapay zekâ destekli dijital hikâye oluşturmanın erken çocukluk döneminde yaratıcı düşünme becerisine etkisi [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi, Tez No. 960744.
Uğraş, H., & Uğraş, M. (2025). ChatGPT in early childhood STEM education: Can it be an innovative tool to overcome challenges? Education and Information Technologies, 30(4), 4277–4305. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12960-0
Uğraş, H., Uğraş, M., Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2025). Innovative early childhood STEM education with ChatGPT: Teacher perspectives. Technology, Knowledge and Learning, 30(2), 809–831. https://doi.org/10.1007/s10758-024-09804-8
Uğraş, M. (2024). Evaluation of ChatGPT usage in preschool education: Teacher perspectives. Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori ve Uygulama, 15(30), 387–414. https://doi.org/10.58689/eibd.1537337
Uğraş, M., Çakır, Z., Zacharis, G., & Kalogiannakis, M. (2025). ChatGPT in early childhood science education: Can it offer innovative effective solutions to overcome challenges? Computers, 14(9), 368. https://doi.org/10.3390/computers14090368
UNICEF. (2021). Policy guidance on AI for children (Version 2.0). UNICEF Office of Global Insight and Policy.
Utepbayeva, A., Zhiyenbayeva, N., Assylbekova, L., & Tapalova, O. (2024). Artificial intelligence applications (Fluency SIS, Articulation Station Pro, and Apraxia Farm) in the psycholinguistic development of preschool children with speech disorders. International Journal of Information and Education Technology, 14(7), 927–935. https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.7.2119
Villegas-Ch., W., Jaramillo-Alcázar, A., & Mera-Navarrete, A. (2022). Assistance system for the teaching of natural numbers to preschool children with the use of artificial intelligence algorithms. Future Internet, 14(9), 266. https://doi.org/10.3390/fi14090266
Williams, R., Park, H. W., Oh, L., & Breazeal, C. (2019). PopBots: Designing an artificial intelligence curriculum for early childhood education. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 33(01), 9729–9736. https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019729
Xu, Y., Aubele, J., Vigil, V., Bustamante, A. S., Kim, Y.-S., & Warschauer, M. (2022). Dialogue with a conversational agent promotes children's story comprehension via enhancing engagement. Child Development, 93(2), e149–e167. https://doi.org/10.1111/cdev.13708
Xu, Y., Vigil, V., Bustamante, A. S., & Warschauer, M. (2022). Contingent interaction with a television character promotes children's science learning and engagement. Journal of Applied Developmental Psychology, 81, 101439. https://doi.org/10.1016/j.appdev.2022.101439
Xu, Y., Wang, D., Collins, P., Lee, H., & Warschauer, M. (2021). Same benefits, different communication patterns: Comparing children's reading with a conversational agent vs. a human partner. Computers & Education, 161, 104059. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104059
Xu, Y., & Warschauer, M. (2020). What are you talking to? Understanding children's perceptions of conversational agents. Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1–13. https://doi.org/10.1145/3313831.3376416
Yang, W., Hu, X., Yeter, I. H., Su, J., Yang, Y., & Lee, J. C.-K. (2024). Artificial intelligence education for young children: A case study of technology-enhanced embodied learning. Journal of Computer Assisted Learning, 40(2), 465–477. https://doi.org/10.1111/jcal.12892
Yu, H. M., Lee, H., & Kim, S. H. (2025). Integrating ChatGPT in teacher education: Examining early childhood and elementary pre-service teachers' experiences in AI-assisted math lesson planning.

Journal of Research in Childhood Education, 40(1), 67–89.
https://doi.org/10.1080/02568543.2025.2579668

EK 1. NİHAİ DENETİMLİ ÇALIŞMA DÜZEYİNDE İNCELEME KÜMESİ (k = 58)

Bu ek, ilk 40 kaydın yeniden denetlenmesi, 27 adaylık genişletme, kaynakça izleme, hedefli yazar taraması ve aynı araştırmadan üretilen raporların tek çalışma altında birleştirilmesi sonucunda oluşan 58 ayrı çalışmayı göstermektedir. Ara aşamadaki 41 çalışmalık liste ile bütün dâhil etme ve dışlama kararları eşlik eden Excel dosyasında istenildiğinde ayrıca sunulacaktır. Desen kodları çalışmaların kendi yöntem tanımına dayanmaktadır; yazarın nitel-betimsel olarak tanımladığı bir çalışmanın karşılaştırmalı puan verisi içermesi durumunda bu tanım korunmuş ve durum karar günlüğüne işlenmiştir.

Ek Tablo 1. Nihai Çalışma Kümesi (Aynı Araştırmaya Ait Yayınlar Birleştirilmiş)

Çalışma	Temsilci kaynak	Yıl	Bağlam	Desen	Katılımcı / n	YZ teknoloji / konum
F01	Druga vd. (2017)	2017	ABD	Nitel	Yalnız çocuk / n=12	Konuşma ajanı/NLP / (b) Öğrenme konusu
F02	Su & Yang AI4KG (2024)	2024	Hong Kong	Karma	Yalnız çocuk / n=26	Robotik/akıllı oyuncak / (b) Öğrenme konusu
F03	Yang vd. (2024)	2024	Hong Kong	Nitel	Yalnız çocuk / n=6	Robotik/akıllı oyuncak / (b) Öğrenme konusu
F04	Xu vd. (2021)	2021	ABD	Nicel-deneysel	Yalnız çocuk / n=90	Konuşma ajanı/NLP / (a) Pedagojik araç
F05	Xu vd. (2022)	2022	ABD	Nicel-deneysel	Yalnız çocuk / n=117	Konuşma ajanı/NLP / (a) Pedagojik araç
F06	Xu & Warschauer (2020)	2020	ABD	Nitel	Yalnız çocuk / n=—	Konuşma ajanı/NLP / (b) Öğrenme konusu
F07	Kewalramani vd. (2021) sosyal-duygusal	2021	Avustralya/Norveç	Nitel	Çok paydaşlı / n=5	Robotik/akıllı oyuncak / (a) Pedagojik araç
F08	Akdeniz (2019); Akdeniz & Özdinç (2021)	2019	Türkiye	Tasarım tabanlı	Çok paydaşlı / n=203	Robotik/akıllı oyuncak / (a) Pedagojik araç
F09	Neumann vd. (2023)	2023	Avustralya	Nicel-deneysel	Yalnız çocuk / n=35	Robotik/akıllı oyuncak / (a) Pedagojik araç

Çalışma	Temsilci kaynak	Yıl	Bağlam	Desen	Katılımcı / n	YZ teknoloji / konum
F10	Neumann & Barry (2025)	2025	Avustralya	Nitel	Yalnız çocuk / n=35	Robotik/akıllı oyuncak / (a) Pedagojik araç
F11	Almousa & Alghowinem (2023)	2023	Suudi Arabistan/ABD	Karma	Yalnız çocuk / n=5	Robotik/akıllı oyuncak / (a) Pedagojik araç
F12	Su & Yang (2023)	2023	Hong Kong	Nitel	Yalnız öğretmen / n=10	Üretken YZ / (c) Yetişkin kabulü
F13	Chen vd. (2024)	2024	Çin	Nicel-betimsel	Yalnız öğretmen / n=105	Üretken YZ / (c) Yetişkin kabulü
F14	Yu vd. (2025)	2025	ABD	Karma	Öğretmen adayı / n=24	Üretken YZ / (c) Yetişkin kabulü
F15	Küçükkara vd. (2024)	2024	Türkiye	Nitel	Yalnız öğretmen / n=6	Genel/çeşitli YZ / (c) Yetişkin kabulü
F16	Mart & Kaya (2024)	2024	Türkiye	Karma	Öğretmen adayı / n=235	Genel/çeşitli YZ / (c) Yetişkin kabulü
F17	Kalaba Yıldırım & Önder (2025)	2025	Türkiye	Nitel	Yalnız öğretmen / n=15	Genel/çeşitli YZ / (c) Yetişkin kabulü
F18	Köken & Balaban Dağal (2024)	2024	Türkiye	Nitel	Çok paydaşlı / n=30	Genel/çeşitli YZ / (b) Öğrenme konusu
F19	Arıkanoğlu & Yaman Lesinger (2024)	2024	KKTC	Nicel-betimsel	Yalnız öğretmen / n=500	Genel/çeşitli YZ / (c) Yetişkin kabulü
F20	Tosun (2025)	2025	Türkiye	Nicel-yarı deneysel	Yalnız çocuk / n=31	Üretken YZ / (a) Pedagojik araç
F21	Aydoğan (2025)	2025	Türkiye	Karma	Öğretmen adayı / n=126	Üretken YZ / (c) Yetişkin kabulü
F22	Williams vd. (2019) PopBots	2019	ABD	Karma	Yalnız çocuk / n=80	Robotik/akıllı oyuncak / (b) Öğrenme konusu
F23	Su (2024) öğretmen algıları	2024	Hong Kong	Nitel	Yalnız öğretmen / n=15	Genel/çeşitli YZ / (c) Yetişkin kabulü
F24	Su (2024) AI4KGA	2024	Hong Kong	Nicel-betimsel	Çok paydaşlı / n=234	Genel/çeşitli YZ / (b) Öğrenme konusu

Çalışma	Temsilci kaynak	Yıl	Bağlam	Desen	Katılımcı / n	YZ teknoloji / konum
F25	Su (2025) ebeveyn algıları	2025	Hong Kong	Karma	Yalnız ebeveyn / n=215	Genel/çeşitli YZ / (c) Yetişkin kabulü
F26	Su vd. (2024) erken YZ eğitimi	2024	Hong Kong	Nicel-deneysel	Yalnız çocuk / n=90	Robotik/akıllı oyuncak / (b) Öğrenme konusu
F27	Lee & Tang (2024)	2024	Tayvan	Nicel-yarı deneysel	Yalnız çocuk / n=193	Robotik/akıllı oyuncak / (a) Pedagojik araç
F28	Kölemen & Yıldırım (2025)	2025	Türkiye	Nitel	Yalnız öğretmen / n=101	Genel/çeşitli YZ / (c) Yetişkin kabulü
F29	Özenoğlu vd. (2026)	2026	Türkiye	Nicel-yarı deneysel	Yalnız öğretmen / n=48	Genel/çeşitli YZ / (c) Yetişkin kabulü
F30	Mifsud vd. (2025)	2025	Malta	Nitel	Yalnız çocuk / n=25	Robotik/akıllı oyuncak / (a) Pedagojik araç
F31	Lim (2024)	2024	Güney Kore	Nitel	Öğretmen adayı / n=137	Genel/çeşitli YZ / (c) Yetişkin kabulü
F32	Kewalramani vd. (2021) inquiry literacy	2021	Avustralya	Tasarım tabanlı	Yalnız çocuk / n=—	Robotik/akıllı oyuncak / (a) Pedagojik araç
F33	Lu vd. (2024)	2024	Tayvan	Nicel-yarı deneysel	Yalnız çocuk / n=60	Üretken YZ / (a) Pedagojik araç
F34	Ani-Rus vd. (2023)	2023	Romanya	Karma	Yalnız öğretmen / n=120	Genel/çeşitli YZ / (c) Yetişkin kabulü
F35	Hao vd. (2026)	2026	Çin	Karma	Yalnız öğretmen / n=399	Üretken YZ / (c) Yetişkin kabulü
F36	Şakir (2026)	2026	Türkiye	Nicel-betimsel	Yalnız öğretmen / n=742	Robotik/akıllı oyuncak / (c) Yetişkin kabulü
F37	Tanik Önal vd. (2026)	2026	Türkiye	Nitel	Çok paydaşlı / n=15	Genel/çeşitli YZ / (c) Yetişkin kabulü
F38	Kardeş vd. (2025)	2025	Türkiye	Karma	Yalnız öğretmen / n=120	Genel/çeşitli YZ / (c) Yetişkin kabulü
F39	Uğraş & Uğraş (2025)	2025	Türkiye	Nitel	Yalnız öğretmen / n=43	Üretken YZ / (c) Yetişkin kabulü

Çalışma	Temsilci kaynak	Yıl	Bağlam	Desen	Katılımcı / n	YZ teknoloji / konum
F40	Uğraş vd. (2025) Computers	2025	Türkiye	Nitel	Yalnız öğretmen / n=33	Üretken YZ / (c) Yetişkin kabulü
F41	Camparo vd. (2026)	2026	ABD	Nicel-betimsel	Çok paydaşlı / n=208	Genel/çeşitli YZ / (c) Yetişkin kabulü
F42	Ahmad vd. (2021)	2021	Mısır	Nicel-yarı deneysel	Yalnız çocuk / n=40	Genel/çeşitli YZ / (a) Pedagojik araç
F43	Bayoumi (2024)	2024	Mısır	Nicel-yarı deneysel	Yalnız çocuk / n=30	Genel/çeşitli YZ / (a) Pedagojik araç
F44	Elmorsy vd. (2025)	2025	Suudi Arabistan	Nicel-yarı deneysel	Yalnız öğretmen / n=45	Üretken YZ / (c) Yetişkin kabulü
F45	Fatmawati & Raharjo (2024)	2024	Endonezya	Nitel	Yalnız çocuk / n=20	YZ tabanlı medya/mobil / (a) Pedagojik araç
F46	Kazanidis & Pellas (2024)	2024	Yunanistan	Nicel-betimsel	Öğretmen adayı / n=32	Üretken YZ / (c) Yetişkin kabulü
F47	Mohammed (2023)	2023	Gana	Nitel	Yalnız öğretmen / n=8	Genel/çeşitli YZ / (c) Yetişkin kabulü
F48	Samara & Kotsis (2024)	2024	Yunanistan	Nitel	Yalnız çocuk / n=—	Üretken YZ / (a) Pedagojik araç
F49	Utepbayeva vd. (2024)	2024	Kazakistan	Karma	Çok paydaşlı / n=196	YZ tabanlı medya/mobil / (a) Pedagojik araç
F50	Villegas-Ch vd. (2022)	2022	Ekvador	Nitel (yazar tanımı)	Yalnız çocuk / n=12	Akıllı öğretici/agent / (a) Pedagojik araç
F51	Abbas vd. (2021)	2021	Pakistan/Tayvan	Nicel-yarı deneysel	Yalnız çocuk / n=—	YZ tabanlı medya/mobil / (a) Pedagojik araç
F52	Bonneton-Botté vd. (2020)	2020	Fransa	Nicel-deneysel	Yalnız çocuk / n=233	YZ tabanlı medya/mobil / (a) Pedagojik araç
F53	Del Moral-Pérez vd. (2024)	2024	İspanya	Nicel-betimsel	Öğretmen adayı / n=77	Üretken YZ / (c) Yetişkin kabulü

Çalışma	Temsilci kaynak	Yıl	Bağlam	Desen	Katılımcı / n	YZ teknoloji / konum
F54	Gulz, Londos & Haake (2020)	2020	İsveç	Nicel-deneysel	Yalnız çocuk / n=36	Akıllı öğretici/agent / (a) Pedagojik araç
F55	Samuelsson (2023)	2023	İsveç	Nitel	Yalnız çocuk / n=22	Robotik/akıllı oyuncak / (b) Öğrenme konusu
F56	Uğraş vd. (2025)	2025	Türkiye	Nitel	Yalnız öğretmen / n=18	Üretken YZ / (c) Yetişkin kabulü
F57	Xu, Vigil, Bustamante & Warschauer (2022)	2022	ABD	Nicel-deneysel	Yalnız çocuk / n=77	Konuşma ajanı/NLP / (a) Pedagojik araç
F58	Uğraş (2024)	2024	Türkiye	Nitel	Yalnız öğretmen / n=16	Üretken YZ / (c) Yetişkin kabulü

ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE UMUDUN İŞ BULMA KAYGISINI AÇIKLAMASINDA KARİYER YETKİNLİĞİNİN ARACI ROLÜ

Elif Yıldız YAMAN
Bursa Uludag University, Faculty of Education, Guidance and Psychological Counseling, 16000, Nilüfer, Bursa, eyildizyaman@gmail.com
ORCID: 0009-0007-1775-5011
Doç. Dr. Fatih CAMADAN
Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Education, Guidance and Psychological Counseling, 53200, Çayeli, Rize. fatihcamadan@uludag.edu.tr
ORCID: 0000-0003-1516-4350

ÖZET

Bu araştırma, umudun, üniversite öğrencilerinin iş bulma kaygılarını açıklamasını incelemekte ve bu ilişkide kariyer yetkinliğinin aracı bir rolünün olup olmadığını araştırarak öğrencilerin çalışma hayatına geçiş sürecine çok boyutlu bir bakış açısı sunmaktadır. Umudun, öğrencilerin kariyer yetkinliklerinin geliştirilmesinde öğrencileri destekleyerek yaşadıkları iş bulma kaygısını azaltabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte öğrencilerin kariyer yetkinliğinin artmasının bu iki değişken arasındaki ilişkiyi güçlendireceği tahmin edilmektedir. Bu araştırma nicel araştırma yöntemlerinden ilişkisel tarama modeli çerçevesinde yürütülmüştür. Araştırmanın evreni Bursa Uludağ Üniversitesinin çeşitli fakültelerinde öğrenim gören öğrencilerden oluşmaktadır. Araştırmanın verileri Kişisel Bilgi Formu, İş Bulma (İstihdam) Kaygısı Ölçeği, Sürekli Umut Ölçeği, Kariyer Yetkinlikleri Ölçeği ile toplanmıştır. Araştırmanın veriler tanımlayıcı istatistikler, Pearson korelasyon analizi ve Hayes PROCESS Makro (Model 4) aracılık analizi ile analiz edilmiştir. Araştırma bulgularına göre umut ile kariyer yetkinliği arasında pozitif yönlü anlamlı bir ilişki ($r=.642$, $p<.001$), umut ile iş bulma kaygısı arasında negatif yönlü anlamlı bir ilişki ($r=-.243$, $p<.001$) ve kariyer yetkinliği ile iş bulma kaygısı arasında negatif yönlü anlamlı bir ilişki ($r=-.278$, $p<.001$) olduğu belirlenmiştir. Aracılık analizi sonuçları, umudun kariyer yetkinliğini pozitif yönde ve anlamlı biçimde yordadığını ($\beta=.642$, $p<.001$), umudun ($\beta=-.109$, $p=.013$) ve kariyer yetkinliğinin ($\beta=-.208$, $p<.001$) ise iş bulma kaygısını negatif yönde anlamlı olarak açıkladığını göstermiştir. Ayrıca kariyer yetkinliğinin umudun iş bulma kaygısı üzerindeki etkisinde anlamlı bir aracı role sahip olduğu bulunmuştur (Dolaylı Etki=-.093, %95 GA [-.140, -.044]). Sonuç olarak, umut düzeyi yüksek olan üniversite öğrencilerinin kariyer yetkinliklerinin daha yüksek, iş bulma kaygılarının ise daha düşük olduğu, kariyer yetkinliğinin bu ilişkide anlamlı bir aracı rol üstlendiği belirlenmiştir. Araştırmanın sonuçları göz önünde bulundurulduğunda üniversitelerde yürütülen kariyer danışmanlığı hizmetlerinde öğrencilerin umut düzeylerini güçlendirmeye ve kariyer yetkinliklerini geliştirmeye yönelik psikoeğitim programları

sayesinde kariyer planlama çalışmaları ve uygulamalı kariyer geliştirme etkinliklerinin yaygınlaştırılmasının iş bulma kaygısının azaltılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: İş Bulma Kaygısı, Kariyer Yetkinliği, Umut, Üniversite Öğrencileri

THE MEDIATING ROLE OF CAREER COMPETENCE IN EXPLAINING JOB SEARCH ANXIETY AMONG UNIVERSITY STUDENTS IN RELATION TO HOPE

ABSTRACT

This study examines the role of hope in explaining job search anxiety among university students and investigates whether career competence mediates this relationship, thereby providing a multidimensional perspective on students' transition to working life. It is assumed that hope may reduce students' job search anxiety by supporting the development of their career competencies. Furthermore, it is hypothesized that higher levels of career competence may strengthen the relationship between these two variables. This study was conducted using the correlational survey model, one of the quantitative research methods. The population of the study consisted of students enrolled in various faculties of Bursa Uludağ University. Data were collected using the Personal Information Form, Job Search (Employment) Anxiety Scale, Dispositional Hope Scale, and Career Competencies Scale. The data were analyzed using descriptive statistics, Pearson correlation analysis, and mediation analysis with Hayes' PROCESS Macro (Model 4). The findings revealed a significant positive correlation between hope and career competence ($r = .642$, $p < .001$), a significant negative correlation between hope and job search anxiety ($r = -.243$, $p < .001$), and a significant negative correlation between career competence and job search anxiety ($r = -.278$, $p < .001$). The results of the mediation analysis indicated that hope significantly and positively predicted career competence ($\beta = .642$, $p < .001$), while both hope ($\beta = -.109$, $p = .013$) and career competence ($\beta = -.208$, $p < .001$) significantly and negatively predicted job search anxiety. Furthermore, career competence was found to have a significant mediating role in the effect of hope on job search anxiety (indirect effect = -.093, 95% CI [-.140, -.044]). In conclusion, university students with higher levels of hope were found to have higher career competence and lower job search anxiety, with career competence playing a significant mediating role in this relationship. Considering these findings, it is suggested that career counseling services provided at universities should expand career planning activities and practical career development programs through psychoeducational interventions aimed at strengthening students' levels of hope and developing their career competencies. Such interventions may contribute to reducing students' job search anxiety.

Keywords: İş Bulma Kaygısı, Kariyer Yetkinliği, Umut, Üniversite Öğrencileri

ÖZ-KONTROLÜN SAĞLIKLI BESLENMEYİ AÇIKLAMASINDA DİJİTAL BAĞIMLILIK, YALNIZLIK VE DUYGUSAL YEMENİN ARACI ROLÜNÜN İNCELENMESİ

Senanur YAMAN
Bursa Uludag University, Faculty of Education, Guidance and Psychological Counseling, 16000, Nilüfer, Bursa, senanury647@gmail.com, **ORCID:** 0009-0000-8097-7783
Doç. Dr. Fatih CAMADAN
Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Education, Guidance and Psychological Counseling, 53200, Çayeli, Rize. fatihcamadan@uludag.edu.tr, **ORCID:** 0000-0003-1516-4350

ÖZET

Bireyin anlık hazlardan uzak durarak uzun vadeli hedeflerine odaklanabilme kapasitesini ifade eden öz-kontrol becerisinin, bu dijital riskler ve işlevsel olmayan yeme davranışları karşısında koruyucu bir sınır mekanizması işlevi gördüğü düşünülmektedir. Bu doğrultuda araştırmanın amacı; üniversite öğrencilerinin öz-kontrol düzeylerinin sağlıklı beslenmelerini açıklamadaki rolünü incelemek ve bu ilişkide dijital bağımlılık, yalnızlık ile duygusal yemenin aracı rolünü test etmektir. Nicel araştırma yaklaşımına dayalı olan bu çalışma, ilişkisel tarama modeli çerçevesinde tasarlanmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu, kolay örnekleme yöntemiyle belirlenen, Bursa Uludağ Üniversitesi'nin çeşitli fakültelerinde öğrenim gören, 674 üniversite öğrencisi araştırmanın örneklemini oluşturmuştur. Katılımcıların %58.6'sının kadın (n = 395), %41.4'ünün ise erkek (n = 279) öğrencilerden oluştuğu saptanmıştır. Veri toplama aracı olarak Kişisel Bilgi Formu, Sağlıklı Beslenmeye İlişkin Tutum Ölçeği, Çok Boyutlu Kısa Öz-Kontrol Ölçeği, Dijital Bağımlılık Ölçeği, Ruls-6 Yalnızlık Ölçeği ve Duygusal Yeme Ölçeği kullanılmıştır. Verilerin analizinde SPSS 25 programı kullanılmış, tanımlayıcı istatistikler, Pearson korelasyon analizi ve Hayes PROCESS Makro (Model 6) aracılık analizi yapılmıştır. Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre; öz-kontrol ile sağlıklı beslenme arasında pozitif yönlü ($r = .332$, $p < .001$) anlamlı bir ilişki saptanmıştır. Buna karşın öz-kontrolün; dijital bağımlılık ($r = -.419$), yalnızlık ($r = -.333$) ve duygusal yeme ($r = -.293$) ile negatif yönlü ve anlamlı ilişkileri olduğu bulunmuştur ($p < .001$). Bununla birlikte öz-kontrolün sağlıklı beslenmeyi pozitif yönde ve anlamlı şekilde yordadığı tespit edilmiştir ($b = .196$, $p < .001$). Ayrıca diğer değişkenlerin birlikte sağlıklı beslenmedeki varyansın %18.8'ini açıkladığı belirlenmiştir ($F_{(4, 669)} = 38.927$, $p < .001$). Sonuç olarak; üniversite öğrencilerinin öz-kontrol becerileri arttıkça dijital bağımlılık ve duygusal yeme eğilimlerinin azaldığı, bunun da sağlıklı beslenmelerini olumlu yönde desteklediği ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Öz-Kontrol, Sağlıklı Beslenme, Dijital Bağımlılık, Yalnızlık, Duygusal Yeme.

INVESTIGATION OF THE MEDIATING ROLES OF DIGITAL ADDICTION, LONELINESS, AND EMOTIONAL EATING IN THE ASSOCIATION BETWEEN SELF-CONTROL AND HEALTHY EATING

ABSTRACT

Self-control, defined as an individual's capacity to resist immediate gratification and focus on long-term goals, is thought to function as a protective mechanism against these digital risks and maladaptive eating behaviors. Accordingly, the aim of this study was to examine the role of self-control in explaining healthy eating among university students and to test the mediating roles of digital addiction, loneliness, and emotional eating in this relationship. This quantitative study was designed using a correlational survey model. The study sample consisted of 674 university students enrolled in various faculties of Bursa Uludağ University, who were selected using convenience sampling. Of the participants, 58.6% were female (n = 395) and 41.4% were male (n = 279). Data were collected using the Personal Information Form, Attitudes Towards Healthy Eating Scale, Brief Multidimensional Self-Control Scale, Digital Addiction Scale, RULS-6 Loneliness Scale, and Emotional Eating Scale. Data were analyzed using SPSS 25. Descriptive statistics, Pearson correlation analysis, and mediation analysis using Hayes' PROCESS Macro (Model 6) were conducted. The results of the Pearson correlation analysis indicated a significant positive correlation between self-control and healthy eating ($r = .332$, $p < .001$). In contrast, self-control was significantly and negatively correlated with digital addiction ($r = -.419$), loneliness ($r = -.333$), and emotional eating ($r = -.293$) ($p < .001$). Furthermore, self-control significantly and positively predicted healthy eating ($b = .196$, $p < .001$). The other variables collectively accounted for 18.8% of the variance in healthy eating ($F(4, 669) = 38.927$, $p < .001$). In conclusion, the findings demonstrated that higher levels of self-control among university students were associated with lower tendencies toward digital addiction and emotional eating, which in turn positively supported healthy eating behaviors.

Keywords: Self-Control, Healthy Eating, Digital Addiction, Loneliness, Emotional Eating

FİZİKSEL AKTİVİTE SEVİYESİNİN ERGENLERDE KRONOTİP ÜZERİNDEKİ YORDAYICI ROLÜ

Öğr. Gör. Dr. Bekir TOKAY
Faculty of Sport Science, Uşak University, Uşak, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-0059-0736
Prof. Dr. Mustafa AKIL
Faculty of Sport Sciences, Akdeniz University, Antalya, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-1161-9231

ÖZET

Ergenlik dönemi, sirkadiyen ritimde faz kaymalarının belirginleştiği ve kronotip tercihlerinin değişkenlik gösterdiği bir gelişim evresidir. Fiziksel aktivitenin bu süreçte sirkadiyen sistemi etkileyebileceği öne sürülmekle birlikte, kronotip üzerindeki doğrudan etkisi sınırlı sayıda çalışmada ele alınmıştır. Bu çalışmanın amacı, ergenlerde fiziksel aktivite ile kronotip arasındaki ilişkiyi incelemektir. Araştırma kesitsel ve ilişkisel tarama modelinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya 11–13 yaş aralığında toplam 712 ergen (11.66 ± 1.11) dahil edilmiştir. Fiziksel aktivite düzeyi Büyük Çocuklar İçin Fiziksel Aktivite Anketi (PAQ-C) ile, kronotip ise Çocuklar İçin Sabahçıl-Akşamcıl Ölçeği (MESC) ile değerlendirilmiştir. Veriler sınıf ortamında yüz yüze toplanmıştır. Analizlerde tanımlayıcı istatistikler, Pearson korelasyon analizi ve çoklu doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır. Bulgular, fiziksel aktivite ile kronotip arasında pozitif ve orta düzeyde anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir ($r = 0.352$, $p < .001$). Regresyon analizi sonuçlarına göre fiziksel aktivitenin kronotip üzerinde pozitif yönlü ve anlamlı bir yordayıcı olduğu belirlenmiştir ($\beta = 0.182$, $t = 4.85$, $p < .001$). Bununla birlikte modelin açıklayıcılık düzeyinin sınırlı olduğu ve toplam varyansın %14.5'inin açıklandığı saptanmıştır ($R^2 = 0.145$). Elde edilen bulgular, fiziksel aktivitenin kronotip ile anlamlı ancak sınırlı düzeyde ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu durum, kronotipin çok faktörlü bir yapı içerisinde şekillendiğini düşündürmektedir. Gelecek araştırmalarda egzersiz zamanlaması ve biyolojik ritim göstergelerinin birlikte ele alındığı deneysel çalışmaların yapılması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Ergenlik, Fiziksel aktivite seviyesi, Kronotip.

THE PREDICTIVE ROLE OF PHYSICAL ACTIVITY LEVEL ON CHRONOTYPE IN ADOLESCENTS

ABSTRACT

Adolescence is a developmental period characterized by pronounced phase shifts in circadian rhythms and variability in chronotype preferences. Although physical activity is suggested to influence the circadian system during this period, its direct effect on chronotype has been examined in a limited number of studies. The aim of this study was to investigate the

relationship between physical activity and chronotype in adolescents. The study was conducted using a cross-sectional and correlational research design. A total of 712 adolescents aged 11–13 years (11.66 ± 1.11) were included in the study. Physical activity levels were assessed using the Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C), while chronotype was measured using the Morningness–Eveningness Scale for Children (MESC). Data were collected face-to-face in classroom settings. Descriptive statistics, Pearson correlation analysis, and multiple linear regression analysis were employed in the data analysis. The findings revealed a positive and moderate significant relationship between physical activity and chronotype ($r = 0.352$, $p < .001$). Regression analysis indicated that physical activity was a positive and significant predictor of chronotype ($\beta = 0.182$, $t = 4.85$, $p < .001$). However, the explanatory power of the model was limited, accounting for 14.5% of the total variance ($R^2 = 0.145$). These findings suggest that physical activity is significantly but modestly associated with chronotype. This indicates that chronotype is shaped by a multifactorial structure. Future research is recommended to employ experimental designs incorporating exercise timing and biological rhythm indicators.

Keywords: Adolescence, Chronotype, Physical activity level

1. INTRODUCTION

Adolescence is characterized as a critical developmental period marked by pronounced phase shifts in the circadian rhythm system and an increasing misalignment between behavioral preferences and the biological clock (Atkinson & Reilly, 1996). During this period, changes in chronotype are shaped not only by biological factors but also by the interaction of environmental and behavioral influences (Fusi et al., 2025). Although physical activity has emerged as an important behavioral regulator capable of influencing the circadian system, it has largely been examined as a secondary variable in the literature (Wolff & Esser, 2019). Experimental evidence, however, suggests that exercise can induce phase advances or delays in circadian rhythms depending on the timing of exercise, and that these effects may be associated with biological clock mechanisms (Youngstedt et al., 2019). Nevertheless, a substantial proportion of existing studies have examined physical activity primarily as an indirect mechanism through sleep quality, without sufficiently disentangling its direct association with chronotype (Tan et al., 2020). This suggests that, although the theoretical relevance of physical activity to circadian rhythms is well established, its relationship with chronotype has been investigated through fragmented and relatively limited empirical models (Kim et al., 2023).

Another notable issue in the literature is the inconsistency in the relationship between physical activity, sleep, and circadian rhythm-related variables. While some studies have demonstrated that physical activity improves sleep quality and may consequently contribute to circadian regulation, other findings suggest that this relationship may be context-dependent or limited in magnitude (Banno et al., 2018). Similarly, although physical activity may facilitate sleep onset through mechanisms involving melatonin production and thermoregulation, exercise performed at specific times may also contribute to circadian phase delays (Alnawwar et al., 2023). These conflicting findings suggest that the effects of physical activity may not be linear and may vary according to parameters such as intensity, duration, and, particularly, timing (Kim et al., 2023). In addition, although some studies have reported positive associations between physical fitness and sleep, it remains unclear whether this relationship is direct or mediated through other factors (Fonseca et al., 2021).

Against this background, two major limitations emerge from the existing literature. First, the relationship between physical activity and chronotype has predominantly been examined through indirect variables, particularly sleep, while relatively few studies have directly investigated this association. Second, because a substantial proportion of existing studies have employed cross-sectional designs, findings regarding the direction and strength of this relationship remain inconsistent (Latino et al., 2025). v (Sejbuk et al., 2022). Accordingly, the present study aimed to examine the association between physical activity and chronotype within a more parsimonious model and to provide empirical evidence regarding the direction of this relationship (Atkinson & Reilly, 1996). Based on this rationale, the following hypotheses were formulated: H_1: Physical activity level positively predicts chronotype in adolescents. H_2: Higher physical activity levels are associated with a morning-type chronotype. H_3: Lower physical activity levels are associated with an evening-type chronotype.

2. MATERIAL AND METHODS

Research Design

This study was designed as a cross-sectional, correlational study to examine the relationship between physical activity and chronotype (circadian rhythm preference) in adolescents. The study employed an observational design and focused on assessing the existing associations between the study variables without any experimental intervention. The study design and reporting were guided by the Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) recommendations.

Participants and Sample

The study sample consisted of adolescents aged 11–13 years. This age range corresponds to early adolescence, a developmental period characterized by the onset of changes in circadian rhythms and increasing variability in physical activity behaviors. Data were collected in classroom settings. A school-based convenience sampling method was employed, and participants were recruited through school administrations and physical education teachers. Initially, 800 eligible students were invited to participate. Of the 748 students who participated, incomplete and invalid records were excluded, resulting in a final analytical sample of 712 participants. The inclusion criteria were being aged 11–13 years, attending formal education, and completing the data collection process. Students with neurological or chronic diseases or health conditions that could limit physical activity were excluded from the study.

Ethical Considerations and Data Collection

The study was conducted in accordance with relevant ethical principles and regulations, and ethical approval was obtained prior to data collection (Approval No.: 2025-291). As the participants were minors, informed consent was obtained from their parents or legal guardians, and voluntary participation was ensured. Data were collected face-to-face in classroom settings, and standardized instructions were provided to all participants. All assessments were conducted under the supervision of the researchers, while the independence of participants' responses was maintained. To enhance data quality, all participants were assessed under comparable conditions, and incomplete or inconsistent data were excluded from the analyses. Potential sources of bias associated with self-reported measures were taken into consideration when interpreting the findings.

Measurement Instruments

Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C)

The Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C) was used to assess participants' physical activity levels. The questionnaire was originally developed by Crocker et al. (1997), and its psychometric properties were examined in detail by Kowalski et al. (1997, 2004). The Turkish adaptation of the questionnaire was conducted by Sert and Temel (2014). Previous studies have reported acceptable internal consistency coefficients ranging from α = .80 to .83 and adequate test–retest reliability. Evidence for its construct and convergent validity has also been reported based on comparisons with other measures of physical activity.

Morningness–Eveningness Scale for Children (MESC)

The Morningness–Eveningness Scale for Children (MESC) was used to assess participants' chronotype (circadian rhythm preference). The scale was developed by Carskadon et al. (1993), and its Turkish adaptation was conducted by Önder and Beşoluk (2013). The validity of the scale was examined using exploratory and confirmatory factor analyses, with the model fit indices indicating acceptable levels of fit. An internal consistency coefficient of approximately $\alpha = .69$ and test–retest reliability of $r \approx .78$ have been reported. These findings support the validity and reliability of the MESC as a measure of chronotype in children and adolescents.

Statistical Analysis

The data were analyzed using IBM SPSS Statistics (version 26). Descriptive statistics were initially calculated, and the normality of the data distribution was assessed based on skewness and kurtosis values. Pearson correlation analysis was performed to examine the relationships between the study variables. Multiple linear regression analysis was conducted to determine the predictive effect of physical activity on chronotype. Age and sex were included in the model as covariates. The assumptions of regression analysis, including normality, linearity, multicollinearity, and autocorrelation, were assessed, and all values were found to be within acceptable ranges. Statistical significance was set at $p < .05$ for all analyses.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Results

When the relationship between physical activity level and chronotype was examined, a significant positive and moderate association was found between the two variables ($r = 0.352$, $p < .001$). This finding indicates that higher levels of physical activity are associated with a greater tendency toward morningness in adolescents.

According to the results of the multiple linear regression analysis conducted to determine the predictive effect of physical activity on chronotype, physical activity was found to be a positive and statistically significant predictor of chronotype ($\beta = 0.182$, $t = 4.85$, $p < .001$). However, the explanatory power of the model was limited, with approximately 14.5% of the total variance in chronotype explained by the model ($R^2 = 0.145$).

The findings indicate that physical activity is associated with chronotype, although the magnitude of this association is relatively modest. This suggests that physical activity is not, by itself, a strong determinant of chronotype but nevertheless makes a statistically significant contribution. Overall, the results support a positive association between physical activity and chronotype, indicating that higher levels of physical activity may be associated with a greater

morningness tendency. However, the limited explanatory power of the model suggests that chronotype is shaped not only by physical activity but also by the interaction of various biological and behavioral factors.

Discussion

The findings of this study demonstrated a positive association between physical activity and chronotype, which is consistent with the literature suggesting that physical activity interacts with the circadian system (Wolff & Esser, 2019). In particular, the ability of exercise to advance or delay the circadian phase depending on its timing provides a potential mechanism underlying the observed association between physical activity and chronotype (Youngstedt et al., 2019). However, the relatively modest effect size observed in the present study suggests that physical activity is unlikely to be a strong determinant of chronotype on its own (Kim et al., 2023).

The relationship between physical activity and chronotype has often been examined indirectly through variables such as sleep quality rather than through a direct association, which complicates the interpretation of the present findings (Tan et al., 2020). Indeed, systematic reviews have provided evidence that physical activity may improve sleep quality and thereby contribute to the regulation of circadian rhythms (Banno et al., 2018). In addition, physical activity has been suggested to influence melatonin secretion and the sleep–wake cycle, potentially contributing indirectly to chronotype preferences (Alnawwar et al., 2023). However, the predominance of such indirect mechanisms may partly explain why the direct association between physical activity and chronotype appears to be relatively limited (Sejbuk et al., 2022). Inconsistent findings in the literature further suggest that the effects of physical activity on circadian rhythms are not necessarily linear and may vary according to factors such as exercise timing, intensity, and duration (Kim et al., 2023). For example, evening exercise may delay melatonin rhythms, whereas morning physical activity may promote an advance in the circadian phase (Youngstedt et al., 2019). This suggests that the association with chronotype may vary according to the timing of physical activity and that a simple unidirectional model may not fully capture this relationship (Latino et al., 2025). Furthermore, the biological phase delay typically observed during adolescence may contribute to interindividual differences in the extent to which physical activity is associated with chronotype (Fonseca et al., 2021).

The cross-sectional design of the study represents an important limitation because it precludes causal interpretations of the observed associations (Zhang & Gao, 2025). In addition, the use of self-reported measures may increase the risk of reporting bias in the assessment of physical

activity and chronotype (Sejbuk et al., 2022). Nevertheless, experimental evidence supporting the biological effects of physical activity on the circadian system provides a theoretical basis for interpreting the present findings (Fusi et al., 2025).

4. CONCLUSIONS

In conclusion, this study demonstrated a significant but relatively modest association between physical activity and chronotype, suggesting that this relationship should be considered within a multifactorial framework (Wolff & Esser, 2019). Future research employing experimental designs that simultaneously consider exercise timing and objective markers of circadian rhythms may provide a more comprehensive understanding of the mechanisms underlying this association.

REFERENCES

Alnawwar, M. A., Alraddadi, M. I., Algethmi, R. A., Salem, G. A., Salem, M. A., & Alharbi, A. A. (2023). The effect of physical activity on sleep quality and sleep disorder: A systematic review. *Cureus*. https://doi.org/10.7759/cureus.43595

Atkinson, G., & Reilly, T. (1996). Circadian variation in sports performance. *Sports Medicine, 21*(4), 292–312.

Banno, M., Harada, Y., Taniguchi, M., Tobita, R., Tsujimoto, H., Tsujimoto, Y., Kataoka, Y., & Noda, A. (2018). Exercise can improve sleep quality: A systematic review and meta-analysis. *PeerJ, 6*, e5172. https://doi.org/10.7717/peerj.5172

Carskadon, M. A., Vieira, C., & Acebo, C. (1993). Association between puberty and delayed phase preference. *Sleep*, *16*(3), 258–262. https://doi.org/10.1093/sleep/16.3.258

Crocker, P. R., Bailey, D. A., Faulkner, R. A., Kowalski, K. C., & McGrath, R. (1997). Measuring general levels of physical activity: preliminary evidence for the Physical Activity Questionnaire for Older Children. *Medicine and science in sports and exercise*, *29*(10), 1344–1349. https://doi.org/10.1097/00005768-199710000-00011

Fonseca, A. P. L. M., Azevedo, C. V. M., & Santos, R. M. R. (2021). Sleep and health-related physical fitness in children and adolescents: A systematic review. *Sleep Science*, *14*(4), 357–365. https://doi.org/10.5935/1984-0063.20200125

Fusi, J., Scarfò, G., Di Silvestro, R., & Franzoni, F. (2025). Improving sleep quality to enhance athletic activity—The role of nutrition and supplementation: A mini-short review. *Nutrients*, *17*, 1779. https://doi.org/10.3390/nu17111779

Kim, N., Ka, S., & Park, J. (2023). Effects of exercise timing and intensity on physiological circadian rhythm and sleep quality: A systematic review. *Physical Activity and Nutrition*, *27*(3), 52–63. https://doi.org/10.20463/pan.2023.0029

Kowalski, K. C., Crocker, P. R. E., & Donen, R. M. (2004). *The Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C) and Adolescents (PAQ-A) manual*. College of Kinesiology, University of Saskatchewan, Canada.

Kowalski, K. C., Crocker, P. R., & Faulkner, R. A. (1997). Validation of the Physical Activity Questionnaire for Older Children. *Pediatric Exercise Science*, *9*(2), 174-186. https://doi.org/10.1123/pes.9.2.174

Latino, F., Tafuri, F., Maisuradze, M., & Tafuri, M. G. (2025). School-based physical activity, cognitive performance and circadian rhythms: Rethinking the timing of movement in education. *Children, 12*, 1324. https://doi.org/10.3390/children12101324

Önder, İ., & Beşoluk, Ş. (2013). Adaptation of the morningness eveningness scale for children into Turkish. *Biological Rhythm Research*, *44*(2), 313–323. https://doi.org/10.1080/09291016.2012.681848

Sejbuk, M., Mirończuk-Chodakowska, I., & Witkowska, A. M. (2022). Sleep quality: A narrative review on nutrition, stimulants, and physical activity as important factors. *Nutrients, 14*, 1912. https://doi.org/10.3390/nu14091912

Sert, Z. E., & Temel, A. B. (2014). İlköğretim öğrencileri için fiziksel aktivite soru formunun Türk toplumuna uyarlanması: Geçerlik ve güvenirlik çalışması [Adaptation of the Physical Activity Questionnaire for Older Children to the Turkish population: A validity and reliability study]. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Elektronik Dergisi, 7*(2), 109–114.

Tan, X., van Egmond, L. T., Cedernaes, J., & Benedict, C. (2020). The role of exercise-induced peripheral factors in sleep regulation. *Molecular Metabolism, 42*, 101096. https://doi.org/10.1016/j.molmet.2020.101096

Wolff, C. A., & Esser, K. A. (2019). Exercise timing and circadian rhythms. *Current Opinion in Physiology, 10*, 64–69. https://doi.org/10.1016/j.cophys.2019.04.020

Youngstedt, S. D., Elliott, J. A., & Kripke, D. F. (2019). Human circadian phase–response curves for exercise. *The Journal of Physiology, 597*(8), 2253–2268. https://doi.org/10.1113/JP276943

Zhang, B., & Gao, J. (2025). The impact of physical activity on negative affect and sleep quality in adolescents: Network analysis. *Psychology Research and Behavior Management, 18*, 1199–1210.

DİJİTAL BAĞIMLILIĞIN AKADEMİK BAŞARI ÜZERİNDEKİ YORDAYICI ROLÜ VE FİZİKSEL AKTİVİTE SEVİYESİ İLE İLİŞKİSİ

Prof. Dr. Mustafa AKIL
Faculty of Sport Sciences, Akdeniz University, Antalya, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-1161-9231
Öğr. Gör. Dr. Bekir TOKAY
Faculty of Sport Science, Uşak University, Uşak, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-0059-0736

ÖZET

Ergenlik dönemi, dijital teknolojilerin kullanımının arttığı ve bu kullanımın akademik çıktılar üzerindeki etkilerinin daha belirgin hale geldiği bir gelişim evresidir. Dijital bağımlılık ile akademik başarı arasındaki ilişki literatürde sıklıkla ele alınmakla birlikte, fiziksel aktivite seviyesinin bu ilişkideki rolü sınırlı sayıda çalışmada incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı, dijital bağımlılık ile akademik başarı arasındaki ilişkiyi incelemek ve fiziksel aktivite seviyesinin bu ilişkideki etkisini değerlendirmektir. Araştırma kesitsel ve ilişkisel tarama modelinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya 11–13 yaş aralığında toplam 712 ergen katılmıştır. Dijital bağımlılık düzeyi Çocuklar İçin Dijital Bağımlılık Ölçeği ile, fiziksel aktivite seviyesi Büyük Çocuklar İçin Fiziksel Aktivite Anketi (PAQ-C) ile değerlendirilmiş, akademik başarı ise okul not ortalamaları üzerinden belirlenmiştir. Veriler sınıf ortamında yüz yüze toplanmıştır. Analizlerde tanımlayıcı istatistikler, Pearson korelasyon analizi ve çoklu doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır. Bulgular, dijital bağımlılık ile akademik başarı arasında negatif ve orta düzeyde anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir ($r = -0.350$, $p < .001$). Buna karşılık fiziksel aktivite seviyesi ile akademik başarı arasında pozitif ve düşük-orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r = 0.320$, $p < .001$). Ayrıca dijital bağımlılık ile fiziksel aktivite seviyesi arasında negatif yönlü anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($r = -0.301$, $p < .001$). Regresyon analizi sonuçlarına göre dijital bağımlılık akademik başarının negatif yönlü ve anlamlı bir yordayıcısıdır ($\beta = -0.338$, $p < .001$) ve model toplam varyansın %11.4'ünü açıklamaktadır ($R^2 = 0.114$). Ayrıca dijital bağımlılığın fiziksel aktivite seviyesi üzerinde düşük düzeyde ancak anlamlı bir etkisi bulunmaktadır ($\beta = -0.090$, $p < .05$). Sonuç olarak, dijital bağımlılık akademik başarı üzerinde olumsuz etkiler yaratırken, fiziksel aktivite seviyesi olumlu ancak sınırlı bir katkı sağlamaktadır. Bu bulgular akademik başarının çok faktörlü bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Gelecek araştırmalarda boylamsal ve deneysel tasarımların kullanılması önerilmektedir. Ayrıca dijital kullanımın bilinçli yönetilmesi ve fiziksel aktivite seviyesinin artırılmasına yönelik uygulamalar, akademik başarıyı destekleyici stratejiler olarak değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Akademik başarı, Dijital bağımlılık, Ergenlik, Fiziksel aktivite seviyesi

THE PREDICTIVE ROLE OF DIGITAL ADDICTION ON ACADEMIC ACHIEVEMENT AND ITS RELATIONSHIP WITH PHYSICAL ACTIVITY LEVEL

ABSTRACT

Adolescence is a developmental period in which the use of digital technologies increases and their impact on academic outcomes becomes more pronounced. Although the relationship between digital addiction and academic achievement has been widely examined, the role of physical activity level in this association has received limited attention. The aim of this study was to investigate the relationship between digital addiction and academic achievement and to examine the effect of physical activity level within this relationship. The study was conducted using a cross-sectional and correlational research design. A total of 712 adolescents aged 11–13 years participated in the study. Digital addiction was assessed using the Digital Addiction Scale for Children, physical activity level was measured using the Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C), and academic achievement was determined based on school grade point averages. Data were collected face-to-face in classroom settings. Descriptive statistics, Pearson correlation analysis, and multiple linear regression analysis were employed. The findings revealed a negative and moderate significant relationship between digital addiction and academic achievement ($r = -0.350$, $p < .001$). In contrast, physical activity level was positively and moderately associated with academic achievement ($r = 0.320$, $p < .001$). Additionally, a significant negative relationship was found between digital addiction and physical activity level ($r = -0.301$, $p < .001$). Regression analysis indicated that digital addiction was a significant negative predictor of academic achievement ($\beta = -0.338$, $p < .001$), explaining 11.4% of the variance ($R^2 = 0.114$). Furthermore, digital addiction had a low but significant negative effect on physical activity level ($\beta = -0.090$, $p < .05$). In conclusion, digital addiction has a detrimental effect on academic achievement, whereas physical activity level contributes positively but to a limited extent. These findings suggest that academic achievement is shaped by multiple factors. Future studies should employ longitudinal and experimental designs. In addition, promoting conscious digital use and increasing physical activity levels may serve as effective strategies to support academic success.

Keywords: Academic achievement, Adolescence, Digital addiction, Physical activity level

1. INTRODUCTION

The rapid proliferation of digital technologies, particularly among adolescents, has positioned internet and digital device use at the center of everyday life, making digital addiction an increasingly important area of research (Gündüz-Demir & Rudarlı, 2025). Digital addiction is

characterized by an inability to control technology use and by the adverse effects of such use on academic, social, and psychological functioning (Linardakis et al., 2025). In this context, excessive digital technology use has been associated with attentional difficulties, problems with self-regulation, and declines in academic performance (Pérez-Juárez et al., 2023). Nevertheless, while controlled use of digital technologies may support learning processes, excessive use may negatively affect academic outcomes (Nett, 2025).

The relationship between digital addiction and academic achievement should not be considered unidirectional; rather, it has been suggested that this relationship should be examined in conjunction with various behavioral and environmental factors (Göçer, 2023). In this regard, physical activity has emerged as an important factor that may support cognitive functioning and contribute to behavioral regulation (Ilhan, 2024). Physical activity has been reported to contribute to reductions in problematic behaviors by enhancing self-control, psychological resilience, and social interaction (Zhu et al., 2025). Consistent with this perspective, empirical evidence indicates that physical activity may have both direct and indirect protective effects against internet addiction (Sun et al., 2025). However, some studies suggest that the association between digital addiction and physical activity is not consistently negative and may vary depending on motivational factors and contextual conditions (Ucar et al., 2026).

Another notable issue in the literature is that digital addiction, physical activity, and academic achievement have predominantly been examined independently, while relatively few studies have addressed these variables within an integrated framework. Moreover, the predominance of cross-sectional designs in existing research limits the extent to which the directionality of associations among these variables can be established (Linardakis et al., 2025). Consequently, the extent to which physical activity may serve a moderating or buffering role in the association between digital addiction and academic achievement remains insufficiently understood (Zhu et al., 2025). Therefore, physical activity should be considered not only as an independent variable but also as a potential mechanism that may shape the effects of digital behaviors on academic outcomes (Sun et al., 2025).

Accordingly, the present study aimed to examine the role of physical activity in the association between digital addiction and academic achievement, based on the assumption that physical activity may attenuate the adverse association between digital addiction and academic achievement (Gündüz-Demir & Rudarlı, 2025). Accordingly, three hypotheses were formulated: digital addiction would negatively predict academic achievement; physical activity

would be positively associated with academic achievement; and physical activity would attenuate the negative association between digital addiction and academic achievement.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Study Design

This study was designed as a cross-sectional, correlational study to examine the relationships among digital addiction, physical activity, and academic achievement in adolescents. The study employed an observational design, and the associations among the variables were evaluated based on their existing status. No experimental intervention was implemented, and the analyses focused on identifying the statistical associations among the study variables. The study was planned and reported in accordance with the Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) guidelines for observational research.

2.2. Participants and Sampling

The study sample consisted of adolescents aged 11–13 years who were enrolled in middle schools. This age group represents the early adolescent period, during which digital device use increases and academic behaviors begin to develop. Data were collected in classroom settings in public schools in Türkiye. A school-based convenience sampling method was employed. Approximately 800 students were initially invited to participate, and following data cleaning, the final analyses were conducted with 712 participants. The inclusion criteria were being within the specified age range, attending formal education, and completing the data collection process. Individuals with chronic diseases or conditions that could compromise data integrity were excluded from the study.

2.3. Ethical Procedures and Data Collection

The study was conducted in accordance with ethical principles, and approval was obtained from the relevant ethics committee prior to data collection (Approval No: 2025-291). As the participants were minors, informed consent was obtained from their parents or legal guardians, and voluntary participation was ensured. Data were collected face-to-face in classroom settings, and standardized instructions were provided to all participants. The data collection process was conducted under the supervision of the researchers, while the independence of participants' responses was maintained. Incomplete or inconsistent data were excluded from the analyses. Potential biases associated with self-reported measures were taken into consideration.

2.4. Measurement Instruments

Digital Addiction

Participants' levels of digital addiction were assessed using the Digital Addiction Scale for Children developed by Hawi et al. (2019) and adapted into Turkish by Kaçmaz et al. (2023). The scale consists of 25 items and assesses behavioral addiction related to digital device use. Higher scores indicate higher levels of digital addiction. Previous validity and reliability analyses have demonstrated high internal consistency for the scale.

Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C)

Physical activity levels were assessed using the Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C). The scale was developed by Crocker et al. (1997), and its Turkish adaptation was conducted by Sert and Temel (2014). The PAQ-C assesses physical activity levels over the previous seven days, with higher scores indicating higher levels of physical activity. The validity and reliability of the Turkish version have been established in the literature.

Academic Achievement

Academic achievement was assessed using grade point averages obtained from official school records. These data were obtained with permission from the relevant institutions and were used because they provide an objective measure of academic achievement.

2.5. Statistical Analysis

The data were analyzed using IBM SPSS Statistics version 26. Descriptive statistics were calculated, and the assumption of normality was assessed using skewness and kurtosis values. Pearson correlation analysis was performed to examine the associations among the study variables. Multiple linear regression analysis was conducted to examine the effect of digital addiction on academic achievement. Age and sex were included in the model as covariates. The assumptions of the regression analysis, including normality, linearity, and multicollinearity, were assessed and found to be within acceptable limits. Statistical significance was set at $p < .05$ for all analyses.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Results

When the demographic characteristics of the participants were examined, no statistically significant differences were found between sexes in terms of age, height, body weight, or physical activity level ($p > .05$). This finding indicates that the sample was relatively

homogeneous with respect to sex. The small effect sizes further suggest that sex did not play a substantial role in the study variables.

The correlation analysis revealed a significant, negative, and moderate association between academic achievement and digital addiction ($r = -0.350$, $p < .001$). In contrast, a significant, positive, and low-to-moderate association was found between academic achievement and physical activity ($r = 0.320$, $p < .001$). In addition, digital addiction was significantly and negatively associated with physical activity ($r = -0.301$, $p < .001$). These findings indicate that higher levels of digital addiction are associated with lower academic achievement, whereas higher levels of physical activity are associated with better academic achievement.

The regression analysis indicated that digital addiction was a significant and negative predictor of academic achievement ($\beta = -0.338$, $t = -9.12$, $p < .001$). Although the explanatory power of the model was limited, the model accounted for 11.4% of the total variance in academic achievement ($R^2 = 0.114$). This finding suggests that digital addiction is a significant, although relatively modest, predictor of academic achievement. Following the inclusion of physical activity in the model, the negative association between digital addiction and academic achievement remained significant, while the overall explanatory power of the model remained limited. In addition, digital addiction was found to be a weak but statistically significant negative predictor of physical activity ($\beta = -0.090$, $p < .05$). However, the explanatory power of this model was very low, accounting for only 0.8% of the total variance ($R^2 = 0.008$). This result indicates that the predictive contribution of digital addiction to physical activity was weak.

Overall, the findings demonstrate that digital addiction is negatively associated with academic achievement, whereas physical activity is positively associated with academic achievement and inversely associated with digital addiction. However, the limited explanatory power of the models suggests that academic achievement is a multifactorial construct and that other relevant variables should also be considered.

Discussion

The findings of the present study indicate that digital addiction is significantly and negatively associated with academic achievement, which is consistent with previous research suggesting that digital distraction may adversely affect learning processes (Pérez-Juárez et al., 2023). Nevertheless, the literature also emphasizes that the controlled use of digital technologies may support learning, whereas excessive use may have detrimental effects on academic performance (Nett, 2025). This suggests that digital addiction is not a unidimensional construct

and that its consequences may vary depending on the purpose and manner of technology use (Gündüz-Demir & Rudarlı, 2025).

The positive association observed between physical activity and academic achievement is consistent with previous evidence indicating that physical activity may support cognitive and psychosocial development (Gündüz-Demir & Rudarlı, 2025). Physical activity has been proposed to enhance self-regulation, attention, and psychological resilience, thereby potentially contributing to academic performance through these mechanisms (Sun et al., 2025). However, some studies have reported that the association between physical activity and academic achievement is not consistently strong and may vary depending on contextual factors (Ilhan, 2024). Such inconsistencies suggest that the relationship between physical activity and academic achievement may not be entirely linear and that individual and environmental factors may play an important role in shaping this association (Ucar et al., 2026).

The negative association between digital addiction and physical activity is in line with previous findings suggesting that physical activity may have a protective role against addictive behaviors (Zhu et al., 2025). Increased social interaction and greater engagement in offline activities associated with physical activity have been proposed as potential mechanisms through which the risk of digital addiction may be reduced (Zhu et al., 2025). However, some studies suggest that digital gaming may coexist with physical activity through motivational processes, indicating that this association is not necessarily negative across all contexts (Ucar et al., 2026). This finding further suggests that digital behaviors are heterogeneous and that different patterns of digital technology use may yield different outcomes (Linardakis et al., 2025). Moreover, the relatively low explanatory power of the models indicates that academic achievement cannot be adequately explained by behavioral variables alone and is likely influenced by a broader range of cognitive, familial, and environmental factors. The cross-sectional design of the present study also limits the extent to which causal relationships among the variables can be inferred.

4. CONCLUSIONS

Overall, the findings suggest that higher levels of digital addiction are associated with lower academic achievement, whereas physical activity is positively associated with academic achievement and inversely associated with digital addiction. However, the findings do not provide strong evidence that physical activity serves as a substantial buffering factor in the relationship between digital addiction and academic achievement, and its potential contribution appears to be limited. Future research should therefore employ longitudinal and experimental

designs to clarify the temporal and causal relationships among these variables. In addition, developing comprehensive models that simultaneously consider patterns of digital technology use, screen time, and psychosocial factors may provide a more nuanced understanding of the mechanisms underlying academic achievement (Nett, 2025). Within educational settings, strategies aimed at promoting physical activity and fostering the responsible and balanced use of digital technologies may be considered as potential approaches to supporting academic achievement.

REFERENCES

Crocker, P. R., Bailey, D. A., Faulkner, R. A., Kowalski, K. C., & McGrath, R. (1997). Measuring general levels of physical activity: preliminary evidence for the Physical Activity Questionnaire for Older Children. *Medicine and science in sports and exercise*, *29*(10), 1344–1349. https://doi.org/10.1097/00005768-199710000-00011

Göçer, İ. (2023). The effect of digital addiction on athletic performance. *Journal of Exercise Science & Physical Activity Reviews, 1*(1), 57–69.

Gündüz-Demir, B., & Rudarlı, G. (2025). Investigation of the relationship between digital addiction and physical activity levels in children and adolescents. *Eurasian Journal of Sport Sciences and Education, 7*(1), 59–75.

Hawi, N. S., Samaha, M., & Griffiths, M. D. (2019). The Digital Addiction Scale for Children: Development and Validation. *Cyberpsychology, behavior and social networking*, *22*(12), 771–778. https://doi.org/10.1089/cyber.2019.0132

Ilhan, A. (2024). The relationship between physical activity level, digital game addiction, and academic success levels of university students. *Journal of Global Education and Research, 8*(2), 132–143. https://doi.org/10.5038/2577-509X.8.2.1301

Kaçmaz, C., Cumurcu, H. B., & Çelik, O. T. (2023). Adaptation of the Digital Addiction Scale for Children into Turkish: Reliability and validity analysis [Çocuklar için dijital bağımlılık ölçeğinin Türkçeye uyarlanması]. *Journal of Dependence*, *24*(4), 495–506. https://doi.org/10.51982/bagimli.1261063

Linardakis, M., Vlachopoulos, N., Mantadaki, A. E., Mourellou, E., Volkos, P., Smyrnakis, E., Ramoutsaki, I., Pitsoulis, G., Papadakis, A., Koutentaki, E., Kamekis, A., Tsimtsiou, Z., Smpokos, E., & Symvoulakis, E. K. (2025). Internet use and its association with physical activity, nutrition habits, sense of loneliness, and self-efficacy in Greek adolescents: A multi-center, school-based, cross-sectional study. *Population Medicine, 7*, 20. https://doi.org/10.18332/popmed/210327

Nett, K. (2025). *Screen time and educational outcomes of children and adolescents: A complex, multifaceted relationship*. European Commission. Erişim tarihi: Mart 2026, https://education-socioeconomic-experts.ec.europa.eu/document/download/4836f176-33dc-4d6b-b9c9 05fd2d1a384e_en

Pérez-Juárez, M. Á., González-Ortega, D., & Aguiar-Pérez, J. M. (2023). Digital distractions from the point of view of higher education students. *Sustainability*, *15*(7), 6044. https://doi.org/10.3390/su15076044

Sert, Z. E., & Temel, A. B. (2014). İlköğretim öğrencileri için fiziksel aktivite soru formunun Türk toplumuna uyarlanması: Geçerlik ve güvenirlik çalışması [Adaptation of the Physical Activity Questionnaire for Older Children to the Turkish population: A validity and reliability study]. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Elektronik Dergisi, 7*(2), 109–114.

Sun, Y., Wang, Y., Yu, H., Liu, J., & Feng, X. (2025). The effect of physical activities on internet addiction in college students: The mediating effect of self-control. *Frontiers in Psychology*, *16*, 1530740. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1530740

Ucar, M., Yalcin, I., Talaghir, L.-G., & Berdila, A. (2026). The association between digital game addiction and motivation to participate in physical activity: A study on adolescents. *Applied Sciences*, *16*(9), 4459. https://doi.org/10.3390/app16094459

Zhu, J., Zhai, Y., Yuan, X., Zhang, Z., & Meng, X. (2025). The relationship between physical activity and Internet addiction among Chinese adolescents: Exploring latent profile analysis and multi-level mediating mechanisms. *Frontiers in Psychology, 16*, 1628586. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1628586

KAYNAKLA ONARILAN MİLLERDE ALIN KAYNAK SAYISININ GERİLME-TORSİYON DAVRANIŞINA ETKİSİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Öğr. Gör. Harun TATLI
Başkent University, Anatolia Organized Industrial Zone Vocational School, Welding Technology Program, 06909 Sincan, Ankara
E-posta: haruntatli@baskent.edu.tr | **ORCID ID:** 0000-0002-4243-2800
Öğr. Gör. Ülüver BOZKURT
Başkent University, Anatolia Organized Industrial Zone Vocational School, Program of Machinery , 06909 Sincan, Ankara
E-posta: uluverbozkurt@baskent.edu.tr | **ORCID ID:** 0000-0003-4386-7205
Öğr. Gör. Yakup KUTUPOĞLU
Başkent University, Anatolia Organized Industrial Zone Vocational School, Quality Control in Production Program, 06909 Sincan, Ankara
E-posta: ykutupoglu@baskent.edu.tr | **ORCID ID:** 0009-0000-6979-6084

ÖZET

Sektörel uygulamalarda şaft/mil parçaları yoğun kullanım alanlarına sahiptir. Endüstriyel uygulamalarda miller çeşitli yüklere (gerilme, moment vs.) maruz kalmaktadır. Maruz kaldıkları yük sonucunda plastik deformasyona uğrayan millerde kırılma, kopma, eğilme ve bükülme meydana gelebilmektedir. Moment ileten millerde çokça karşılaşılan arıza/hasar çeşitlerinden biri ise milin burulma momenti altında plastik deformasyona uğrayıp kopması/kırılmasıdır. Endüstride bu hasarın onarımı için kaynakla birleştirme işlemi, yapılan onarım uygulamaları arasındadır. Kaynakla birleştirme işleminde ana malzeme yüksek sıcaklık girdisine maruz kalarak bölgesel de olsa bazı mekanik özelliklerini (sertlik, süneklik, yorulma dayanımı, burulma dayanımı vs.) kaybetmekte veya yüksek sıcaklık nedeniyle bu özeliklerinde değişim meydana gelmektedir. Isıl etkiden kaynaklanan problemlerin başlıcaları; kaynak işlemi sonrası malzeme içerisinde kalan artık gerilmeler ve ITAB (Isı Tesiri Altındaki Bölge) oluşumudur. Yapılan bu çalışmada SUS316L paslanmaz çelikten imal edilen bir milin kaynakla birleştirme sonrasında gerilme-torsiyon davranışındaki değişimler incelenmiştir. Analiz için CAD (Autodesk Inventor) yazılımında çapları ve toplam boyları eşit olan (Ø20 mm x 360 mm) kaynaksız mil, tek kaynaklı (iki parça) mil ve iki kaynaklı (üç parça) mil olmak üzere toplam üç adet mil oluşturulmuş, kaynaklanacak parçalara kaynak ağzı açılmıştır. Kaynak işlemi, Simufact Welding 2025.4 yazılımı yardımıyla elektrik ark kaynak yöntemi seçilerek bilgisayar ortamında simule edilmiş, elde edilen artık gerilme tensörü ve kaynaklı mil geometrisi ANSYS yazılımına “Imported Initial Stress” yöntemiyle aktarılmıştır. Her mile 107 Nm torsiyon momentinin uygulandığı analiz sonucunda kaynaksız referans milde maksimum von Mises gerilmesi 118.4 MPa elde edilmiştir. Tam soğumuş tek kaynaklı ve iki kaynaklı millerde bu değerin sırasıyla 229,5 MPa ve 232,8 MPa’a yükseldiği belirlenmiştir. Sonuçlar, moment ileten

bir milde kaynak sayısı arttıkça oluşan artık gerilme miktarında da dramatik artış görülmektedir. Dolayısıyla millerin bir ve birden fazla kaynak işlemi ile onarımının tekrar hasar oluşma ihtimalini artıran bir uygulama olacağı ifade edilebilir. Çalışmanın devamında Basquin S-N eğrisi kullanılarak yorulma ömrü değerlendirmesi incelenmiştir.

Anahtar kellimeler: Artık gerilme, kaynak simülasyonu, SUS316L paslanmaz çelik, sonlu elemanlar yöntemi, torsiyon, Simufact Welding

AN ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE NUMBER OF WELD BEADS ON THE STRESS-TORSION BEHAVIOR OF SHAFTS REPAIRED BY WELDING USING THE FINITE ELEMENT METHOD

ABSTRACT

Shaft components are widely used in various industrial applications. In industrial settings, shafts are subjected to various loads (tension, torque, etc.). As a result of these loads, shafts may undergo plastic deformation, leading to fractures, breakage, bending, and twisting. One of the most common types of failure or damage encountered in torque-transmitting shafts is the shaft's breakage or fracture due to plastic deformation under torsional torque. In industry, welding is one of the repair methods used to address this type of damage. During the welding process, the base material is exposed to high heat input, causing it to lose some of its mechanical properties (hardness, ductility, fatigue strength, torsional strength, etc.), even if only locally, or causing changes in these properties due to the high temperature. The primary problems arising from thermal effects are residual stresses remaining in the material after the welding process and the formation of the Heat-Affected Zone (HAZ). In this study, changes in the stress-torsion behavior of a shaft made of SUS316L stainless steel following welding were investigated. For the analysis, three shafts with equal diameters and total lengths (Ø20 mm x 360 mm) were created in CAD (Autodesk Inventor) software: an unwelded shaft, a single-weld (two-piece) shaft, and a double-weld (three-piece) shaft. Weld joints were prepared on the parts to be welded. The welding process was simulated on a computer using Simufact Welding 2025.4 software with the electric arc welding method selected; the resulting residual stress tensor and the geometry of the welded shaft were transferred to ANSYS software using the "Imported Initial Stress" method. As a result of the analysis, in which a torsional moment of 107 Nm was applied to each shaft, a maximum von Mises stress of 118.4 MPa was obtained for the unwelded reference shaft. It was determined that this value increased to 229.5 MPa and 232.8 MPa, respectively, for the fully cooled single-welded and double-welded shafts. The results show a dramatic increase in residual stress as the number of welds on a torque-transmitting shaft increases. Therefore, it can be concluded that repairing shafts with one or

more welding operations is a practice that increases the likelihood of re-damage. In the continuation of the study, fatigue life evaluation was examined using the Basquin S-N curve.

Keywords: Residual stress, welding simulation, SUS316L stainless steel, finite element method, torsion, Simufact Welding

GİRİŞ

Şaftlar güç iletişim sistemlerinde kuvvet-moment aktarımı için yaygın bir biçimde sektörde tercih edilen makine elemanlarından bir tanesidir. Çalışma koşulları boyunca statik ve dinamik eğilme burulma gibi birçok yüke maruz kalırlar. Bu yükler zamanla mağaza üzerinde ciddi gerilme oluşturarak çatlak oluşumu ve devamında kopma gibi bir birtakım hasarlara sebebiyet verebilmektedirler özellikle burulma momenti altında kalan millerde zaman içinde plastik deformasyondan kaynaklı yorulma çatlağı meydana geldiği ve daha sonra milin kırıldığı bilinmektedir (Mauri vd. 2016).

Hasar görmüş millerde değişimden ziyade onarım yapılması özellikle kaynakla onarım yapılması sektörde kullanılan önemli uygulamalardan bir tanesidir. Maliyet hesabı dikkate alındığında değişim yerine onarımın tercih edilmesi sıkça karşılaşılan uygulamalardandır. Burada onarım sırasında yapılan kaynak neticesinde malzeme içerisinde çok ciddi artık gerilmeler oluşabilmektedir özellikle ısı tesiri altındaki bölge (ITAB) bu artık gerilmelerin kümelendiği alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle östenitik çeliklerde artık gerilme miktarı akma dayanımını bulan seviyelere kadar ulaşabildiği raporlanmıştır (Agostini vd., 2022a). Kaynak sırasında ısıl döngüler sonucunda meydana gelen artık gerilmelere millerin çalışma süreçlerine etkisi endüstride önemli bir yer kaplamaktadır. Özellikle artık gerilmeler çoklu paso (multi passes) kaynak yöntemlerinde ciddi oranda birikmektedir. (Munsi vd., 2001). Çoklu paso kaynak uygulamalarının kalıntı gerilmelerin oluşumunu ciddi oranda artırdığı sonucu makine elemanı üzerinde yapılan farklı bölge kaynak sayısının oluşan gerilimlere etkisi literatürdeki önemli boşluklardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca yine çoklu kaynak sonrasında makine elemanına uygulanacak olan torsiyonun malzeme yorulma direncine etkisi literatür boşluklarından bir tanesidir.

Bu çalışmada aynı geometri ve malzeme özelliklerine sahip fakat farklı sayıda alın kaynağı içeren SUS316L paslanmaz çelik millerde, kaynak simülasyonundan elde edilen kalıntı gerilme alanının burulma yükü ile birlikte değerlendirildiği, birleştirilmiş bir sonlu elemanlar yaklaşımı ele alınmıştır. Kaynak sayısının artık gerilmeye etkisi ve bu artık gerilmenin burulma yükü ile birleşme neticesinde ortaya çıkan gerilme değerlerinin incelenmesi ve bu gerilmelerin Basquin S-N eğrisi temelli bir yorulma değerlendirilmesi yapılması bu çalışmanın ana amaçlarındandır.

MATERYAL VE METOD

Malzeme ve Geometri

Bu çalışmada SUS316L östenitik paslanmaz çelik mil tasarımı kullanılmıştır malzemenin özellikleri olarak Simufact Welding yazılımının sunduğu değerler benimsenmiştir. Bu özellikler Tablo 2.1.1'de sunulmuştur.

Tablo Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..**1.1.** Malzeme Özellikleri

Özellik	**Değer**	**Kaynak / Not**
Malzeme (Simufact veritabanı)	SUS316L_sw	Bu çalışmada kullanılan girdi
Yoğunluk	≈8000 kg/m³	Tipik literatür değeri (SUS316L, 20 °C)
Elastisite Modülü (E)	≈193 GPa (20 °C)	Tipik literatür değeri
Poisson Oranı (ν)	0,30	Tipik literatür değeri
Akma Dayanımı (σy)	210 MPa	Bu çalışmada kullanılan malzeme modeli girdisi
Nominal Çekme Dayanımı	≈515–620 MPa	Tipik literatür değeri
Ergime Aralığı (Solidus–Likidus)	≈1375–1400 °C	Tipik literatür değeri
Isıl İletkenlik (20 °C)	≈16,3 W/m·K	Tipik literatür değeri
Özgül Isı (20 °C)	≈500 J/kg·K	Tipik literatür değeri
Isıl Genleşme Katsayısı	≈16×10⁻⁶ /K	Tipik literatür değeri

Malzeme parametreleri olarak üç ayrı tasarım yapılmıştır; kaynaksız geometri (Ø20 x 360 mm), tek kaynaklı geometri ve iki kaynaklı geometri. Milin iki ayrı parçasını kaynaklamak adına X ağzı açılmıştır geometri üzerinde. Örnek gösterim olarak iki kaynaklı malzeme geometrisi Şekil 2.1.1' de verilmiştir.

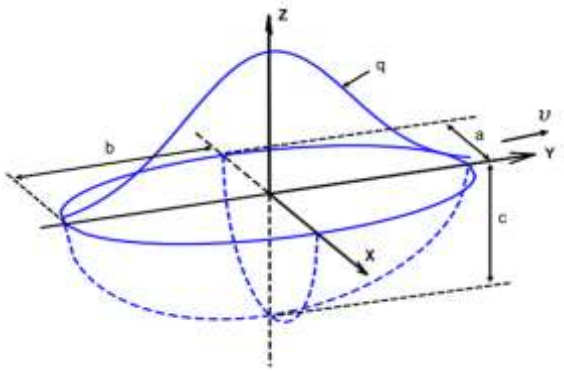
Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..**1.1.** Mil Geometrisi

Kaynak Simülasyonu

Kaynak simülasyon işlemi için Simufact Welding yazılımı kullanılmıştır. Sınır şartları olarak mil iki taraftan sabitlenmiş fakat uzama yönünde serbest bırakılmıştır. Buradaki temel amaç aşırı kalıntı gerilme miktarı oluşturmamaktır. Simülasyon ısı parametreleri literatürden SUS316L çelikleri üzerinde yapılan deneysel kaynaklama uygulamasından alınmıştır (Agostini vd.,2022). Tanımlanan ısı girdileri Simufact Welding üzerinde yapılan ayarlarla Goldak ısı parametreleri hesaplanıp yazılıma işlenmiştir. Burada SUS316L çeliklerinin ısı girdi etkisine karşı kalıntı gerilme oluşumunda ciddi oranda hassas malzemeler olduğu göz önün alınarak optimal Goldak parametresi (Şekil 2.2.1) araştırması yapılmıştır (Jiang vd., 2024). Simülasyonda kullanılan kaynak parametreleri Tablo 2.2.1'de verilmiştir.

Tablo Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..**2.1.** Kaynaklama Parametreleri

Kaynak Parametreleri	**Kök Geçiş**
Kaynak katman sayısı	1
Kaynak akımı (A)	120
Kaynak voltajı (V)	20
Kaynak hızı (mm/s)	2



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..**2.1.** Goldak ısı kaynağı modeli şematik gösterimi (Hu vd., 2024)

Tam soğuma sonrası elde edilen ham maksimum Von Mises kalıntı gerilmesi tek kaynaklı milde 958,2 MPa eşdeğer plastik birim şekil değiştirme %22,7; iki kaynaklı milde ise 1115,24 MPa ve eşdeğer plastik birim şekil değiştirme %23,2 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler ortalama gerilme olarak revize edilip ANSYS yazılımına aktarılmıştır.

Mil Geometrisinin ve Artık Gerilmelerin ANSYS Yazılımına Aktarımı

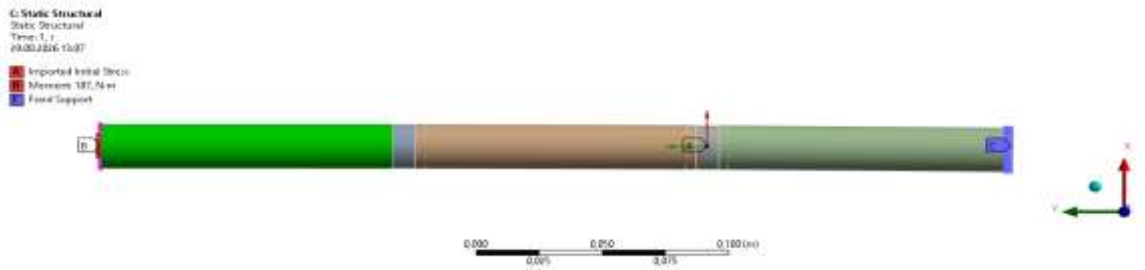
Simufact Welding yazılımından alınan veriler (Kalıntı gerilmeler ve ağ yapısı) özel olarak geliştirilen bir ayrıştırma betiği ile ANSYS programına yüklenmeye hazır hale getirilmiştir. Her düğümün ait olduğu tüm elemanlardaki kalıntı gerilme tensörü (σ_{xx}, σ_{yy}, σ_{zz}, σ_{xy}, σ_{yz}, σ_{xz}) ortalanarak düğüm-ortalamalı tam tensör elde edilmiş, eşdeğer (von Mises) gerilme bu tensör

üzerinden hesaplanmıştır. Kalıntı gerilme tensörü, ANSYS Workbench Static Structural sistemine Imported Initial Stress` seçeneği kullanılarak External Data modülüne aktarılmıştır. Şekil 2.3.1'de artık gerilme dağılımı şematize edilmiştir.

Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..**3.1.** Kalıntı gerilme dağılımı

Torsiyon Analizi Sınır Şartları

Kaynaklama modeli tanımlaması yapılırken üç ayrı geometrik tanımlama yapılmıştır; kaynaksız geometri, tek kaynaklı geometri ve iki kaynaklı geometri. Tüm operasyonlarda milin bir ucu sabitlenmiş diğer ucundan ise 107 N.m değerinde moment uygulanmıştır. Şekil 2.4.1' de tüm durumları temsilen uygulanan sınır şartları sunulmuştur.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..**4.1.** Sınır şartlarının tanımlanması

Yorulma Ömrü Analizi

Yorulma ömrü analizi için SUS316L çeliği üzerinde yapılan kaynaklama çalışmasından yararlanılarak türetilmiş bir Basquin tipi S-N eğrisi yazılıma tanıtılmıştır (Mohammad vd., 2013). ANSYS yorulma araçları ayarları olarak Soderberg teorisi, yükleme oranı olarak R=0 kabulüne göre tasarım tanımlaması yapılmıştır. Bu çalışmada burulma (kayma baskın) yükü altında malzeme-bazlı bir S-N eğrisi tercih edilmiştir. Çok eksenli yükleme yöntemi daha sonraki çalışmalar için bu çalışma kapsamının dışında tutulmuştur.

BULGULAR

Kalıntı Gerilmeler

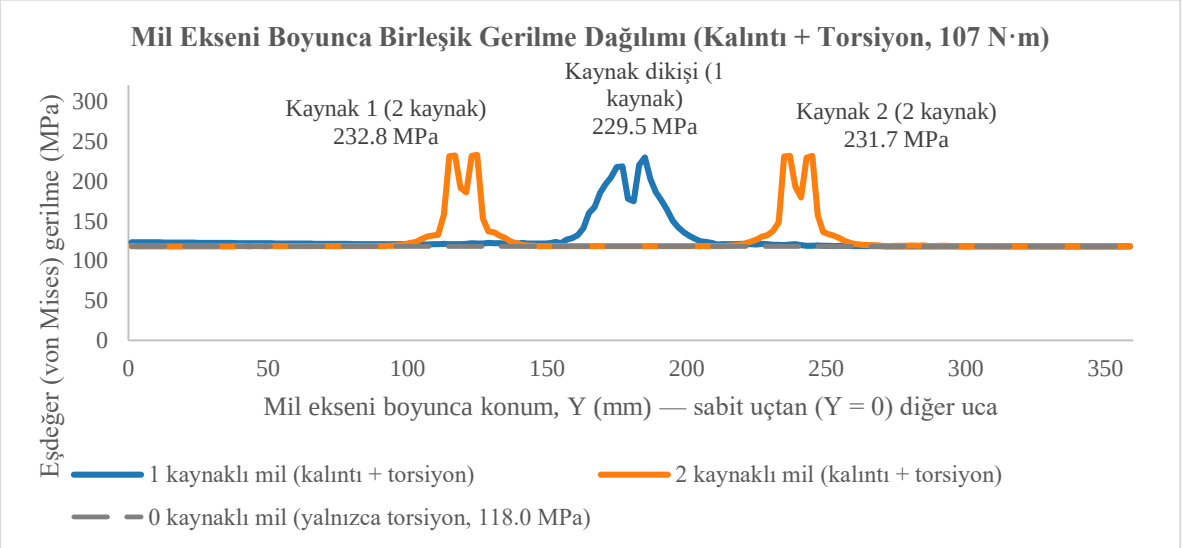
Simufact Welding yazılımından alınan veriler incelendiğinde kaynak dikiş bölgesinde tekil kalıntı gerilmeler olduğu tespit edilmiştir. Bu ham veriler analizde (ANSYS) hesaba katıldığında çok yüksek çarpılmalar meydana geldiği için temiz bölge konfigürasyonu tercih

edilmiştir. Bu çalışmada tekil noktalar dışlanmış ve temiz bölge gerilmeleri hesaba katılmıştır. Bu değerler Tablo 3.1.1' de sunulmuştur. Kaynaksız model için kalıntı gerilme durumu değerlendirmeye alınmamıştır.

Tablo Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..**3.1.** Kalıntı Gerilme Değerleri

Senaryo	Ham Kalıntı Gerilme (MPa)	Temiz Bölge (MPa)
1 kaynak	958,2	138,0
2 kaynak	1115,2	297,8

Kalıntı gerilme ile 107 N·m değerinde moment mil ekseni boyunca nasıl dağıldığı, yani kaynak dikişi bölgelerinde yerel piklerle kendini gösteren gerilme dalgalanması, Şekil 3.1.1'de görselleştirilmiştir. Torsiyon katkısı, her düğümün kalıntı gerilme tensörüne analitik burulma teorisiyle eklenip Von Mises yeniden hesaplanarak temsil edilmiştir. Bu yaklaşım kaynaksız milde 118,0 MPa olarak hesaplanmıştır. ANSYS'in 118,4 MPa'lık sonucuyla örtüşmektedir.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..**5.1** Mil Boyunca Hesaplanan Gerilme Dağılımları

Simufact Welding yazılımından aktarılan ham kalıntı gerilme hesaba katılarak yapılan torsiyon yüklemesi neticesinde tek kaynaklı model için 229,54 MPa, iki kaynaklı model için ise 232.8 MPa gerilimleri elde edilmiştir. Kaynak dikiş bölgeleri dışında kalan kısımlar için yalnızca torsiyon yükünün etkisi görülmektedir. Sonuçlar Tablo 3.1.2'de sunulmuştur.

Tablo Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..**1.2.** Üç farklı senaryo için birleşik gerilme değerleri

Senaryo	Birleşik Gerilme (MPa)
0 kaynak	118,4
1 kaynak	229,54

Senaryo	Birleşik Gerilme (MPa)
2 kaynak	232,8

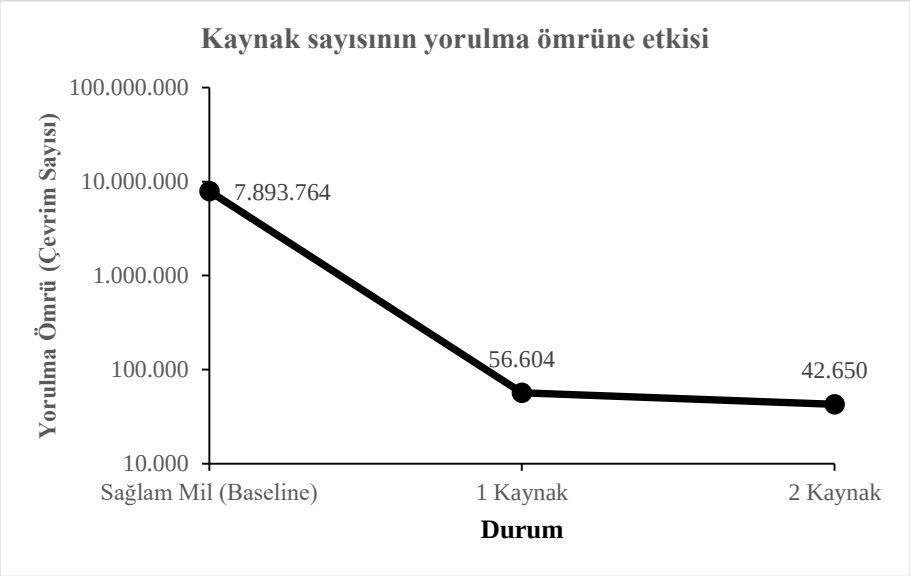
Yorulma Analiz Sonuçları

Yukarıda paylaşılan yorulma parametreleri ile her bir senaryo için ayrı yorulma ömrü, hasar miktarı ve güvenlik faktörü analiz sonucu olarak alınmıştır. Sonuçlar Tablo 3.2.1'de sunulmuştur.

Tablo Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..**4.1.** Yorulma sonuçları

Senaryo	Kapsam	Ömür (çevrim)	Hasar	Güvenlik Faktörü
0 kaynak	Tüm gövde	7.893.764	126,68	1,4578
1 kaynak	Tüm gövde	56.604	17,667	0,75177
2 kaynak	Tüm gövde	42.650	23.447	0,74124

Kaynak sayısının yorulma ömrüne etkisi, Şekil 3.2.1'de grafiksel olarak sunulmuştur. Kaynaksız milden tek kaynağa geçişte yorulma ömrü ciddi bir düşüş göstermekte; tek kaynaktan iki kaynağa geçişte ise bu düşüş çok daha ılımlı seyretmektedir (56.604 → 42.650 çevrim, ≈%25). Bu örüntü, Tablo 3.2.1'deki kombine gerilme örüntüsüyle (118,4 → 229,54 → 232,8 MPa) birebir uyumludur; gerilmedeki asıl büyük sıçrama kaynaksızdan-tek-kaynağa geçişte olduğu görülmüştür.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..**6.1.** Kaynak sayısındaki yorulma ömrü üzerindeki etkisi

Kalıntı gerilme, öngörüldüğü üzere kaynak sayısı ile birlikte belirgin biçimde artmaktadır. Ham değerler 958,2 MPa'dan (tek kaynaklı model için) 1115,2 MPa'a (iki kaynaklı model), temiz

bölge değerleri ise 138,0 MPa'dan 297,8 MPa'a yükselmektedir. Bu artış, ilave her kaynak dikişinin kendi ısı girdisini ve dolayısıyla kendi kalıntı gerilme alanını modele eklemesinin doğrudan bir sonucu olduğu görülmektedir. Agostini ve arkadaşlarının yaptıkları östenitik paslanmaz çeliklerde kaynak sonrası kalıntı gerilmenin akma dayanımına yakın seviyelere ulaşabildiği bulgusuyla tutarlıdır (Agostini vd., 2022).

Buna karşın, birleşik gerilmede en kötü durum gerilmesi kaynak sayısıyla orantılı bir artış görülmemektedir. Burada kaynaksız modelin 118,4 MPa, tek kaynaklı modelin 229,54 MPa, iki kaynaklı modelin ise 232,8 MPa olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, ANSYS'te raporlanan eşdeğer gerilme büyüklüğünün, modeldeki tüm noktalar üzerinden hesaplanan kümülatif değer değil, en kötü tekil yerel noktanın değeri olmasıdır. Bölüm ikide anlatıldığı üzere temiz bölge seçiminin ana sebebi bu tekilliktir.

Kaynaksız modelin yorulma dayanımının 7.893.764 çevrim ile sınırlı kalması programa tanıtılan maksimum çevrim sayısının sınırlılığı ile alakalı olduğu tespit edilmiştir. Ömür tasarımında 1 milyon çevrim tercih edildiği için hasar oranı 1 değerinin üzerinde olduğu görünümü vermektedir. Güvenlik faktörünün değerinin 1,4547 çıkması bu durumu doğrulamaktadır.

Yorulma ömrü incelendiğinde kaynak sayısının artışının yorulmayı önemli oranda düşürdüğü görülmektedir. Kaynak sayısının gerilmeden ziyade yorulma ömrünü ciddi oranda etkilediği Şekil 3.2.1' grafiksel olarak gösterilmektedir.

Sınırlamalar ve İleri Çalışmalar

Bu çalışmadaki bazı sınırlamalar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur;

- Daha fazla kaynaklı senaryolar (üç veya 4 kaynak) çalışmaya dahil edilmemiştir.
- ANSYS paket programının sunduğu Imported Initial Stress yönteminin bileşen-bazlı enterpolasyonunun getirdiği denge-ihlali riski, bu çalışmada gözlemlenmiş olup, ANSYS'in önerdiği ayrı bir Mapping Validation modülü ile sistematik olarak değerlendirmeye katılamamıştır.
- Yorulma değerlendirmesi literatürden alınan tek bir S-N eğrisine dayanmaktadır. Çalışma koşullarındaki gerçekliğin sağlanabilmesi adına Uluslararası Kaynak Enstitüsü (IIW) kriterlerine göre, çelik yapılardaki kaynak yerlerinin yorulma dayanımını belirleyen yorulma dayanımı sınıfı yaklaşımıyla çapraz doğrulama yapılmamıştır.
- Malzeme özellikleri oda sıcaklığı referanslı değerler genelde literatürden alınmıştır. Simufact'ın kullandığı sıcaklığa bağlı eğriler bu çalışmada ayrıca bağımsız olarak doğrulanmamıştır.

- Elde edilen sonuçlar deneysel doğrulamaya muhtaçtır.

Bu maddeler, çalışmanın devamı için ele alınması önerilen konulardır.

SONUÇLAR

Bu çalışmada SUS316L çelikten imal edilmiş bir milin kaynaksız, tek kaynaklı ve iki kaynaklı modellemesi sonlu elemanlar yöntemi tabanlı Simufact Welding yazılımında kaynak simülasyonu yapılmış ve yine sonlu elemanlar yöntemi tabanlı ANSYS paket programında Simüfact Welding'den alınmış kalıntı gerilme verileri birleşik torsiyon analizine tabi tutulmuş ve sonuçlar aşağıda sıralanmıştır;

1. Kaynak sayısı kalıntı gerilme arttıkça belirgin bir şekilde artmaktadır.
2. Torsiyon ile birleşik en kötü durum gerilmesi, kaynak sayısıyla orantılı artmamakta; kaynaksız milden tek kaynağa geçişte belirgin bir sıçrama (118,4 → 229,54 MPa) gösterdikten sonra iki kaynakla birlikte görece sınırlı bir artışla (232,8 MPa) bir platoya yaklaşmaktadır. Bu davranış, birleşik gerilmenin kümülatif değil, en şiddetli tekil kaynak sıcak noktasının büyüklüğüne bağlı olmasıyla ilgilidir.
3. Yorulma davranışı incelendiğinde, kaynaklı millerde yorulma dayanımının kaynaksız mile oranla ciddi orada düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ömür çevrim sayıları kaynaksız mil, tek kaynaklı mil ve iki kaynaklı mide sırasıyla 7893764, 56604 ve 42650 olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, kaynakla onarılan millerin tasarım/onarım kararlarında, yalnızca kaynak sayısını azaltmaya değil, her bir kaynak dikişinde sıcak nokta girdisinin sınırlamaya odaklanmanın daha belirleyici olabileceği değerlendirilmektedir. Gelecek çalışmalarda, kaynak sıcak noktasının alt modellemeler ile doğrulanması, düşük çevrimli yorulma yaklaşımının bu bölgeye uygulanması ve üç ve dört kaynaklı konfigürasyonun analize dahil edilmesi ve deneysel çalışmayla sonuçların tutarlılığının doğrulanması planlanmaktadır.

5.KAYNAKÇA

Agostini, P., Coppola, R., Hofmann, M., Ohms, C., & Tucek, K. (2022a). Stress distribution in a 316L(N) steel narrow gap TIG model weld for Gen IV nuclear applications. *Nuclear Materials and Energy*, *32*, 101203. https://doi.org/10.1016/j.nme.2022.101203

Agostini, P., Coppola, R., Hofmann, M., Ohms, C., & Tucek, K. (2022b). Stress distribution in a 316L(N) steel narrow gap TIG model weld for Gen IV nuclear applications. *Nuclear Materials and Energy*, *32*, 101203. https://doi.org/10.1016/j.nme.2022.101203

Hu, X., Chiu, L. N. S., Huang, A., Liu, M., & Yan, W. (2024). Application of melt pool profiles for parameter calibration of Goldak's heat source model. *Additive Manufacturing*, *92*, 104379. https://doi.org/10.1016/j.addma.2024.104379

Jiang, X., Wang, W., Xu, C., Li, J., & Lu, J. (2024). Effect of Process Parameters on Welding Residual Stress of 316L Stainless Steel Pipe. *Materials*, *17*(10), 2201. https://doi.org/10.3390/ma17102201

Mauri, M., Rossi, M., & Bruha, M. (2016). Generation of torsional excitation in a variable-speed-drive system. *2016 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)*, 516-521. https://doi.org/10.1109/SPEEDAM.2016.7525862

Mohammad, K. A., Zainudin, E. S., Sapuan, S. M., Zahari, N. I., & Aidy, A. (2013). Fatigue Life for Type 316L Stainless Steel under Cyclic Loading. *Advanced Materials Research*, *701*, 77-81. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.701.77

Munsi, A. S. M. Y., Waddell, A. J., & Walker, C. A. (2001). Vibratory stress relief—An investigation of the torsional stress effect in welded shafts. *The Journal of Strain Analysis for Engineering Design*, *36*(5), 453-464. https://doi.org/10.1243/0309324011514610

KAMALI MİLLERDE ÇOKLU KAYNAKLAMA İŞLEMİNİN YORULMA ÖMRÜ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Öğr. Gör. Ülüver BOZKURT
Başkent University, Anatolia Organized Industrial Zone Vocational School, Program of Machinery , 06909 Sincan, Ankara
E-posta: uluverbozkurt@baskent.edu.tr | **ORCID ID:** 0000-0003-4386-7205
Öğr. Gör. Harun TATLI
Başkent University, Anatolia Organized Industrial Zone Vocational School, Welding Technology Program, 06909 Sincan, Ankara
E-posta: haruntatli@baskent.edu.tr | **ORCID ID:** 0000-0002-4243-2800
Öğr. Gör. Yakup KUTUPOĞLU
Başkent University, Anatolia Organized Industrial Zone Vocational School, Quality Control in Production Program, 06909 Sincan, Ankara
E-posta: ykutupoglu@baskent.edu.tr | **ORCID ID:** 0009-0000-6979-6084

ÖZET

Kamalı miller güç aktarım organı olarak sektörde ciddi bir kullanım alanına sahiptir. Kamalı güç aktarım milleri yoğun kullanımlar neticesinde deformasyona uğrayıp kırılmaktadır. Endüstriyel bakım onarım süreçlerinde sıkça kaynaklanıp kullanılmaya devam edilmektedir. Bu süreçler neticesinde milde meydana gelen hasarlar sistematik olarak çok fazla incelenmemektedir. Bu çalışmada sektörde çokça tercih edilen AISI 4140 alaşımlı çelikten imal edilmiş güç aktarım milinin kama yuvasında meydana gelebilecek kırılmaların birden fazla onarım kaynağı yapılmasının döner eğilme yorulma ömrüne olan etkisi sonlu elemanlar yöntemi ile kıyaslamalı olarak incelenmiştir. Isı Etkisi Altındaki Bölge (HAZ), kama yuvası içerisinde milin ana gövdesinden bağımsız olarak modellenmiştir. Bu bölgeler hem ısıl işlemli (PWHT) hem de ısıl işlemsiz olarak temsil edilebilmesi adına literatürden elde edilen malzeme özellikleri kullanılmıştır. Çoklu kaynaklama süreçlerinin incelenmesi için üç kaynak onarımı tercih edilmiştir. Kaynak onarımı arttıkça yorulma ömründe kaynak sırasıyla %51, %64 ve %76 oranlarında azalma olduğu gözlemlenmiştir. PWHT sonrası incelemede birinci ve ikinci kaynak prosesi yorulma ömrü kaybını ortadan kaldırırken üçüncü kaynak sonrasında ısıl işlem uygulanması ömrü kaybını tamamıyla telafi edemediği saptanmıştır. Bulgular kama yuvası bölgesinde yapılan tekrarlı kaynaklama işlemlerinin PWHT uygulaması yapılmadan milin kullanılma alınmasının gerilme yığılması, geometrik süreksizlik gibi etmenlerden kaynaklı olarak yorulma ömrünü ciddi oranda düşürdüğünü göstermektedir. Ayrıca sonuçlar, PWHT prosesinin ömür kaybını ciddi oranda telafi ettiğini gösterse de tekrarlı kaynak sayısının artmasının yorulma ömrünü düşürdüğüne işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yorulma ömrü, AISI 4140, onarım kaynağı, kaynak sonrası ısıl işlem (PWHT), ısı etkisi altındaki bölge (HAZ), sonlu elemanlar yöntemi (FEA)

AN ANALYSIS OF THE EFFECT OF MULTIPLE WELDING ON THE FATIGUE LIFE OF RIBBED BEAMS USING THE FINITE ELEMENT METHOD

ABSTRACT

Keyed shafts are widely used as power transmission elements in industry. Power transmission shafts with keyways are frequently subjected to deformation and fracture as a result of intensive service conditions. In industrial maintenance and repair practices, such shafts are commonly repaired by welding and returned to service. However, the damage occurring in the shaft as a result of these processes has not been systematically investigated to a sufficient extent. In this study, the effect of performing multiple repair welds on the keyway of a power transmission shaft manufactured from AISI 4140 alloy steel, a material widely preferred in industry, on rotating bending fatigue life was comparatively investigated using the finite element method. The Heat-Affected Zone (HAZ) within the keyway was modeled independently from the main body of the shaft. Material properties obtained from the literature were used to represent these regions both with and without post-weld heat treatment (PWHT). Three repair welds were considered in order to examine multiple welding processes. It was observed that as the number of repair welds increased, the fatigue life decreased sequentially by 51%, 64%, and 76%. In the post-PWHT analysis, it was determined that the first and second welding processes eliminated the fatigue life loss, whereas after the third weld, heat treatment could not fully compensate for the life loss. The findings indicate that repeated welding operations performed in the keyway region, when the shaft is put back into service without PWHT application, considerably reduce fatigue life due to factors such as stress concentration and geometric discontinuity. Furthermore, the results show that although the PWHT process considerably compensates for the life loss, an increasing number of repeated welds still leads to a reduction in fatigue life.

Keywords: Fatigue life, AISI 4140, repair welding, post-weld heat treatment (PWHT), heat-affected zone (HAZ), finite element analysis (FEA)

GİRİŞ

Güç aktarım milleri imalatında kullanılan malzemelerin yüksek mukavemet, yüksek aşınma direnci ve yüksek yorulma ömrü gibi yeğin özelliklere sahip olması beklenmektedir. Görece bu özelliklere sahip AISI 4140 çeliği güç aktarım mili malzemesi olarak havacılık, otomotiv, savunma ve enerji gibi birçok sektörde tercih edilmektedir. Güç aktarım milleri çalışma süreleri boyunca tekrarlı yüklere maruz kalmaktadırlar. Bu durum özellikle kamalı millerde kama yuvalarında geometrik süreksizlik ve gerilme yığılması kaynaklı sebeplerden dolayı hasarlara sebep olmaktadır (Ghelloudj & Keziz, 2025; Upadhyaya vd., 2023).

İşletmelerde hasara uğrayan miller mühendislik titizliği gösterilmeden, kontrolsüz kaynaklama uygulamalarıyla onarılmaktadır. Kaynaklama işlemlerinde HAZ (Isı Etkisi Altındaki Bölge) bölgelerinde hızlı ısınma ve soğutma döngülerinin martenzit yapı oluşumuna sebebiyet verdiği uzun süredir bilinmektedir. Buradan hareketle oluşan martenzit yapı malzemede daha mukavim bir yapı elde edilmesini sağlarken sünekliği düşürüp yorulma direncini ciddi oranda azaltmaktadır (Netpu & Buapool, 2023).

LİTERATÜR ÖZETİ

Güç aktarım millerine kama açılmasının geometri süreksizliği yol açması ve keskin geometrik unsurlar oluşturması sebebiyle kümülatif gerilmeye sebebiyet verdiği bilinmektedir. Pedersen, yaptığı bir çalışmada (Pedersen, 2010) kama yuvalarında köşe yuvarlatma işlemlerinin gerilme yoğunlaşasını ciddi oranda tolere ettiğini ortaya koymuştur. Bu çalışma kama yuvalarında oluşacak gerilme yığılmalarında köşe yuvarlatmanın gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Kamalı millerde gerilme yığılması veya geometrik süreksizliklerden kaynaklı oluşabilecek hasarlarının pratik bir şekilde öngörülebilmesini sağlayabilmek adına sonlu elemanlar yönteminin kullanılması yaygın çalışma örneklerindendir (Da Costa & Freitas, 2025).

Onarım kaynağı yönetmelerinin HAZ (Isı Etkisi Altındaki Bölgesi) bölgesi üzerindeki etkisi de önemli çalışma alanlarındandır. Onarım kaynağının HAZ bölgesinde tanecikler arasında çatlamaya yol açtığı bunun da malzemede öngörülemeyen kırılmalara yol açtığı Miller ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada analizlerle ortaya konmuştur (Miller vd., 2023).

AISI 4140 çeliklerinde PWHT sonrası mekanik özelliklerindeki meydana gelen değişiklikler güncel çalışmalarla incelenmektedir. AISI 4140 çeliklerinde gerçekleştirilen kaynaklama sonrasında yapılan ısıl işlemlerin (PWHT) HAZ bölgesinde tokluğu ciddi oranda arttırdığı raporlanmıştır (Silva vd., 2009). Yine Susai ve arkadaşları AISI 4140 levhaları üzerinde TIG kaynağı sonrası gerilim giderme, normalizasyon ve temperleme gibi çok boyutlu PWHT

işlemleri uygulamış ve uygulanan kaynak bölgesinde mukavemet artışı sağladıklarını duyurmuşlardır (Daniel Susai vd., 2025).

Güç iletim millerinin çalışma koşulları düşünüldüğünde yorulma direnci önemli çalışma alanlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. 2024 yılında yapılan bir çalışmada farklı temperleme sıcaklıklarının AISI 4140'ın döner eğilme yorulma ömrü üzerindeki etkisini karşılaştırmalı olarak incelenmiş, düşük sıcaklıkta temperlemenin belirgin biçimde daha yüksek yorulma dayanımına yol açtığı ortaya konmuştur (Chen vd., 2025).

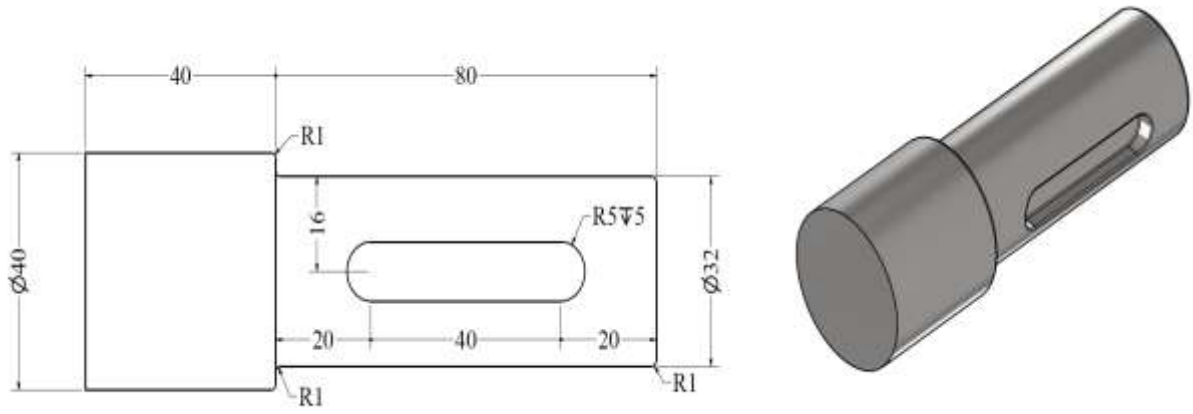
Bu çalışmalar PWHT'nin kaynaklı AISI 4140 bileşenlerinde mekanik özellikleri iyileştirdiği göstermektedir. Fakat literatürde aynı kritik bölgede (kama yuvası) tekrarlanan ve kümülatif etki ortaya çıkaran onarım kaynağının yorulmaya olan etkisini ve bu kümülatif etkiye PWHT işleminin katkısını birlikte inceleyen çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın temel amacı bu boşluğu doldurmaktır.

Bu çalışmanın amacı, kama yuvalı bir AISI 4140 milde, aynı kritik bölgede art arda oluşan bir, iki ve üç onarım kaynağının döner eğilme yorulma ömrüne etkisini sonlu elemanlar yöntemiyle nicel olarak belirlemek ve bu etkinin kaynak sonrası ısıl işlem (PWHT) uygulamasıyla ne ölçüde telafi edilebildiğini karşılaştırmalı olarak ortaya koymaktır.

MATERYAL VE METOD

Mil Tasarımı

Bu çalışmada standart bir kama yuvasına (DIN 6885) sahip silindirik kademeli bir mil tasarımı tercih edilmiştir (Şekil 3.1.1).



Şekil **Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.**.7. Kamalı Mil Geometrik Tasarım

Mil boyutlandırmasında DIN 748 standardı kullanılmıştır. Geometrik iyileştirme ve sonlu elemanlar yönteminde anlamsız sonuçlar üretilememesi adına Pedersen'in çalışması dikkate alınarak köşe yuvarlatması uygulanmıştır (Pedersen, 2010). Geometri Autodesk Inventor

ortamında tasarlanmış ve analiz için ANSYS Workbench ortamına yüklenmiştir. Geometrik tasarım Şekil 3.1.1' de verilmiştir ve ölçüler mm birimindedir.

Ana malzeme akma/çekme dayanımı, AISI 4140 (ASTM A29/UNS G41400) su verilmiş ve temperlenmiş durumu için literatürde yaygın olarak raporlanan değer aralığından (yaklaşık 550-700 MPa akma, 850-1050 MPa maksimum) benimsenmiştir (MatWeb, 2026). Malzeme özellikleri ve kimyasal bileşimi Tablo 3.1.1 ve Tablo 3.1.2'de sunulmuştur. Malzeme özellikleri ANSYS Workbench yazılımına aktarılmıştır.

Tablo **Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.**.5. AISI 4140 Çeliğinin Temel Malzeme Özellikleri

Özellik	Değer	Birim
Yoğunluk (ρ)	7850	kg/m³
Elastisite Modülü (E)	190–210	GPa
Poisson Oranı (ν)	0,29	—
Kayma Modülü (G)	73–80	GPa
Akma Dayanımı (Rp0,2)	655–990	MPa
Çekme Dayanımı (Rm)	850–1080	MPa
Kopma Uzaması (A)	12–16	%
Sertlik	28–32	HRC
Yorulma Dayanımı (döner eğilme)	500–650	MPa
Kırılma Tokluğu (KIC)	≈45	MPa. $m^{1/2}$

Tablo **Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.**.6. AISI 4140 Çeliğinin Kimyasal Bileşimi (Ağırlıkça %)

Element	C	Mn	Si	Cr	Mo	P (maks.)	S (maks.)
AISI 4140	0,38–0,43	0,75–1,00	0,15–0,30	0,80–1,10	0,15–0,25	0,035	0,040

Onarım Kaynağı Modellemesi

Onarım kaynağı modellemesi yapılırken kama bölgesinde meydana gelen kırılmalar dikkate alınarak modelleme yapılmıştır (Şekil 3.2.1).

Şekil **Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.**.8. Onarım kaynak bölgelerinin model üzerinde gösterimi

Kaynak senaryosunda kama bölgesinde meydana gelen kırılma kaynakla tamamen onarılmış ve daha sonra mil tekrar çalıştırılmış ve neticede kama yuvası üzerinde farklı bölgelerde meydana gelen ardışık kırılmalar kaynakla onarılması süreci esas alınmıştır.

Her bir onarım kama yuvası üzerinde ayrı bir katı gövde olarak modellenmiştir. Modellemede HAZ dilimleri olarak temsil edilen katı gövdeler ana malzemeden farklı malzeme özellikleri ile tanımlanmıştır. Yazılım destekli Sonlu elemanlar yönteminde bu ayrık HAZ dilimleri ana gövdeye yapışık (Bonded) olarak modellenmiştir. Model üzerinde oluşturulan HAZ bölgeleri Şekil 3.2.1.' de gösterilmiştir.

HAZ Malzeme Modellemesi

Çalışmada uygulamada kullanılan PWHT uygulanmış ve de PWHT uygulanmamış olarak iki tip model mukayeseye alınmıştır. Burada kullanılan PWHT uygulanmamış malzeme parametreleri Tablo 3.3.1'de özetlenmiştir (Kumar, 2023). PWHT'li HAZ modellemesi için ise kaynak sonrası ısıl işlem uygulanmış PWHT'li HAZ malzeme özellikleri Dewan ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadan alınmıştır. Burada Dewan ve arkadaşları tek aşamalı bir temperleme işlemi gerçekleştirmişlerdir. Yine aynı çalışmada yapılan tek aşamalı temperleme işleminin malzemede tokluğu artırdığını raporlamışlardır (Dewan vd., 2014). Mukayese malzemelerinin özelliklerine dair veriler Tablo 3.3.1' de özetlenmiştir.

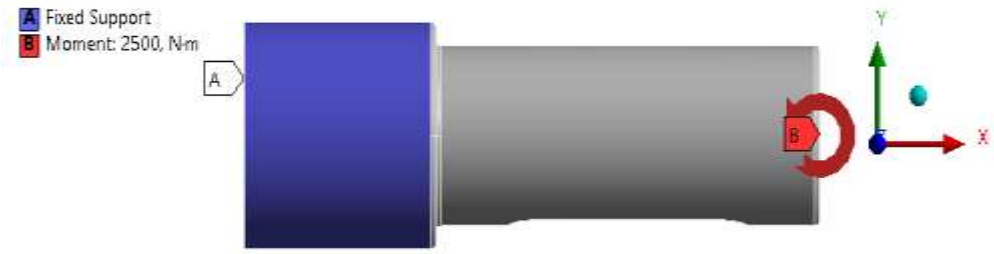
Tablo **Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.**.7. Mukayese malzemeleri özellikleri

Özellik	Temel Malzeme (AISI 4140)	HAZ (PWHT'siz)	HAZ (PWHT'li)
Yoğunluk	7850 kg/m³	7850 kg/m³	7850 kg/m³
Elastisite Modülü	210 GPa	210 GPa	210 GPa
Poisson Oranı	0,29	0,29	0,29
Akma Dayanımı	700 MPa	950 MPa	618,2 MPa

Özellik	Temel Malzeme (AISI 4140)	HAZ (PWHT'siz)	HAZ (PWHT'li)
Çekme Dayanımı	950 MPa	1200 MPa	774,5 MPa
Tanjant Modülü	20000 MPa	6000 MPa	18000 MPa
S-N Eğrisi Aralığı	900–1100 MPa	680–950 MPa	734–897 MPa

Sonlu Elemanlar yöntemi ve Sınır Şartlarının Belirlenmesi

Analizler ANSYS paket programında yapısal analiz (Static Structural) ortamında yapılmıştır. Plastisite modeli olarak Bilinear Isotropic Hardining modeli tercih edilmiştir. Milin bir ucu sabitlenmiş ve diğer ucundan eğilme momemntine maruz bırakılmıştır. Moment eksene dik bir şekilde uygulamıştır. Uygulama yükü tüm analizlerde sabit olacak şekilde 2500 N.m olarak uygulanmıştır. HAZ bölgelerinin ana gövde ile temas sertliği (Normal Stiffness) kontrol edilerek gerçekçi gerilme elde edilmesi hedeflenmiştir. Yapısal analiz sürecinde ağ yapısının sonuca etkisinin önemi dikkate alınarak yüksek element sayısı tercih edilmiştir. Şekil 3.4.1' de sınır şartları verilmiştir. Burada A noktası sabitlenmiş bölgeyi gösterirken B noktası ise momentin uygulandığı bölgeyi göstermektedir.



Şekil **Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.**.9. Sınır şartları

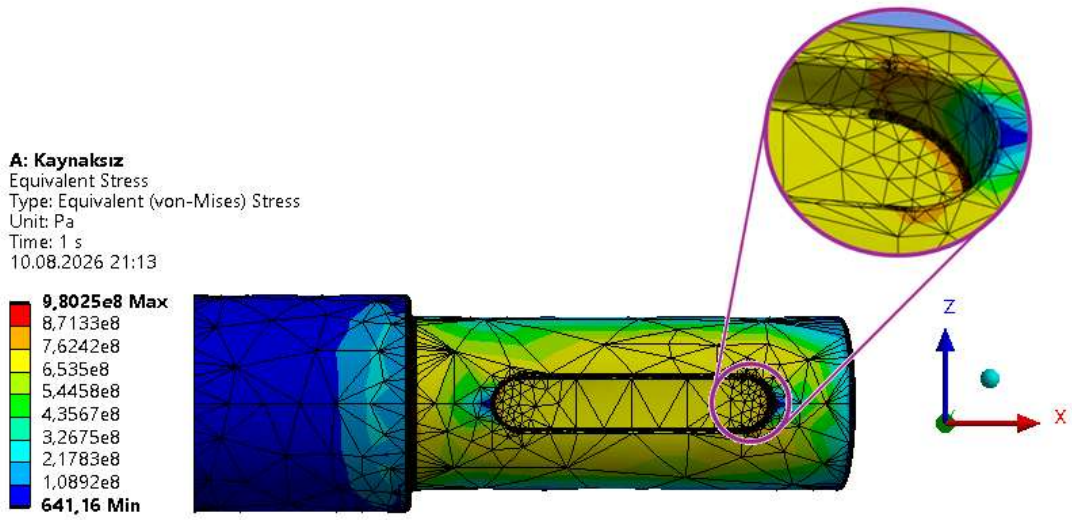
Yorulma Analizi

Millerin kullanım şartları göz önüne alındığında yorulma ömrü kritik bir öneme sahip olmaktadır, Bu çalışmada kama yuvası bölgesinde çoklu kaynak süreçlerinin yorulmaya etkisi incelenmiştir. Yorulma ömrü tahmininde ANSYS Fatigue Tool modülü kullanılarak, gerilim-çevrim sayısı (S-N) yaklaşımıyla gerçekleştirilmiştir. Döner eğilme yüklemesi, tam ters yüklü (fully reversed, gerilme oranı $R = -1$) yükleme koşulu olarak tanımlanmış, bu nedenle ortalama gerilme düzeltme teorisi (mean stress correction) uygulamasına ihtiyaç duyulmamıştır. Her malzeme bölgesi (ana malzeme, PWHT'siz HAZ, PWHT'li HAZ), kendi S-N eğrisiyle değerlendirilmiştir; ana malzeme S-N verisi Chen ve arkadaşlarının yaptığı döner eğilme

yorulma testi sonuçlarından alınmıştır (Chen vd., 2025). Buradan hareketle HAZ S-N eğrileri ise ilgili mukavemet değerlerine göre ölçeklendirilerek türetilmiştir.

BULGULAR

Sonlu elemanlar analizi her bir modele ayrı ayrı uygulandığında maksimum gerilmelerin kama yuvası etrafında kümelendiği tespit edilmiştir. Bu durum önceden öngörüldüğü üzere gerilme yığılmasının bu bölgelerde meydana geldiğini göstermektedir. Şekil 4.1' de bu saptamaya dair illüstrasyon sunulmuştur.



Şekil 4.1. Kaynaksız modele ait gerilme dağılımı

Yedi farklı senaryo için yorulma ömür değerleri incelemiş ve maksimum eşdeğer (Von-Mises) gerilme ve karşılık gelen yorulma ömrü değerleri Tablo 4.1 'de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Yedi farklı senaryo için yorulma ömrü değerleri

Senaryo	Kaynak Sayısı	Kritik Bölge	Maks. Gerilme	Yorulma Ömrü
Sağlam Mil (Referans)	0	Kama yuvası köşesi	980,25 MPa	**92207 çevrim**
PWHT'siz — 1 Kaynak	1	Üst radyus	829,61 MPa	**45312 çevrim**
PWHT'siz — 2 Kaynak	2	Üst radyus	913,6 MPa	**32858 çevrim**

Tablo 4.2. Yedi farklı senaryo için yorulma ömrü değerleri (Devam)

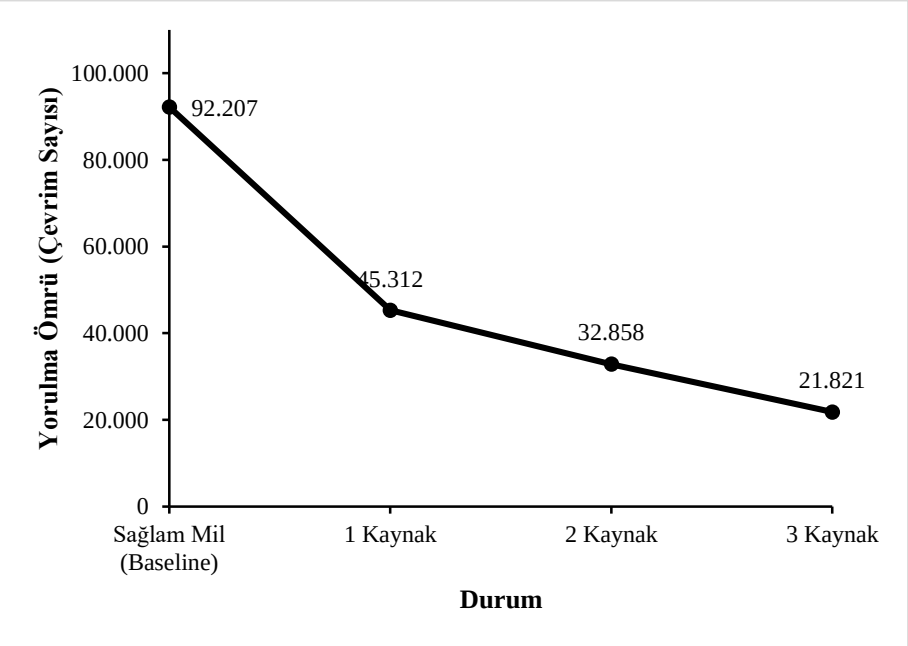
PWHT'siz — 3 Kaynak	3	Alt radyus	994,68 MPa	**21821 çevrim**
PWHT'li — 1 Kaynak	1	Üst radyus	681,86 MPa	**∞ (2×10^6)**
PWHT'li — 2 Kaynak	2	Tüm bölgeler	≤ 622,85 MPa	**∞ (2×10^6)**

PWHT'li — 3 Kaynak	3	Alt radyus	885,83 MPa	**52247 çevrim**

Kaynak Sayısının Etkisi

Kaynaklama uygulaması yapılmamış olan milde hesaplan yorulma ömrü 92207 iken bir onarım kaynağı sonrasında 45312 çevrime, iki onarım kaynağı sonrası 32858 çevrime, üç onarım kaynağı sonunda ise 21821 olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.1.1 ‘de de görüldüğü üzere kaynak sayısı arttıkça yorulma ömründe dramatik bir düşüş gözlenmektedir. Fakat bu trend doğrusal bir düşüşü değil zamanla azalan bir düşüşü işaret etmektedir. İlk kaynağın etkisi tek başına en büyük payı oluştururken, ikinci ve üçüncü kaynakların marjinal katkısı göreli olarak daha sınırlı kalmıştır.

Bir ve iki kaynaklı senaryolarda kritik bölgenin tutarlı biçimde "1. Kaynak" bölgesinin üst köşesinde kaldığı, ancak üçüncü kaynak eklendiğinde kritik noktanın en son eklenen kaynağa kaydığı tespit edilmiştir.

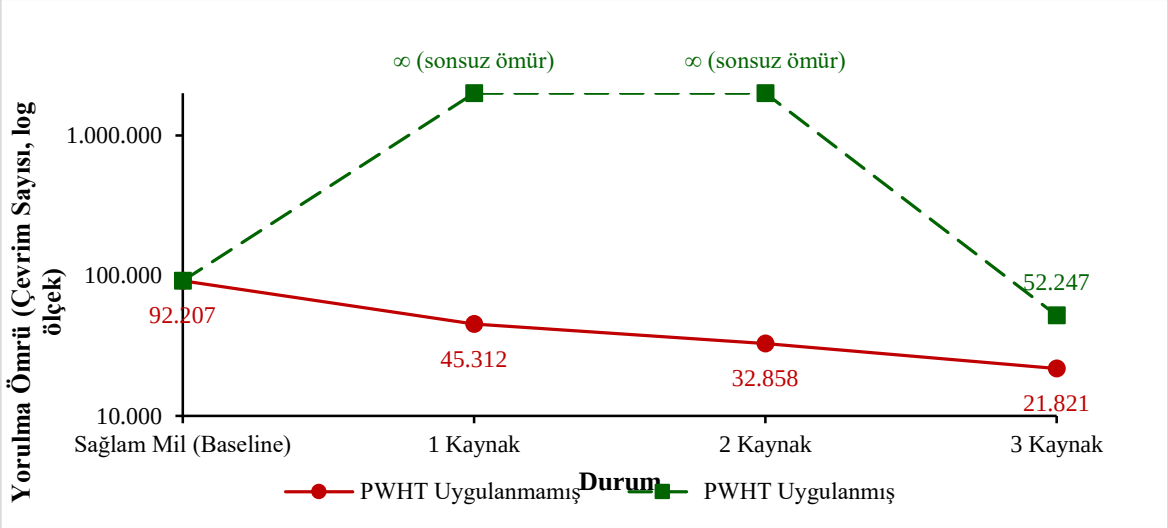


Şekil **Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.**.10. Kaynak sayısının yorulma ömrüne etkisi

PWHT Uygulamasının Etkisi

Aynı servis yükü altında PWHT'li HAZ malzemesinin kullanıldığı senaryoda, bir ve iki kaynaklı bölgelerde maksimum gerilmenin sırasıyla 681,86 MPa ve 622,85 MPa olduğu saptanmıştır. Böylelikle PWHT'li HAZ malzemesinin S-N eğrisinin 734 MPa’lık alt sınırın altında kaldığı görülmüştür. Bu durum, bir ve iki kaynaklı durumlarda kaynaklı bölgenin sonsuz yorulma ömrüne (2×10^6 çevrim üzerinde) sahip olduğu sonucunu çıkarmaktadır. Üç kaynaklı analizde ise maksimum gerilme 885,83 MPa olarak ölçülmüş ve 52.247 çevrimlik

sonlu bir ömür hesaplanmıştır. Bu değer, aynı kaynak sayısındaki PWHT'siz senaryoya (21.821 çevrim) göre yaklaşık %139 daha yüksek bir sonuç ortaya koymuştur. Sonuçlar Şekil 4.2.1'de grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil **Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.**.11. PWHT Uygulamasının Kaynak Sayısı - Yorulma Ömrü İlişkisine Etkisi

SINIRLAMALAR

Bu çalışmanın sonuçları değerlendirilirken aşağıda sıralanan sınırlamalar dikkate alınmalıdır:

HAZ malzeme özellikleri, direkt yapılan deneysel çalışmalardan alınmamıştır. Literatürdeki karşılaştırmalı çalışmalardan derlenmiştir. Bu sebeple HAZ bölgesine ait malzeme özellikleri yaklaşık değerler olarak değerlendirilmelidir.

Analizler tek eksenli (döner eğilme) yükleme koşuluyla sınırlıdır; gerçek servis koşullarında sıklıkla görülen burulma-eğilme birleşik yüklemesi, Machado ve arkadaşlarının (Machado vd., 2019) kritik düzlem yaklaşımı gibi çok eksenli yorulma modeli yaklaşımlarının dahil edilerek yapılacak analizlerin farklı bir çalışmada ele alınması planlanmaktadır.

Sonuçların, gerçek numuneler üzerinde yapılacak deneysel döner eğilme yorulma testleriyle doğrulanması, bulguların güvenilirliğini artıracaktır.

Bulgular üç madde altında ele alınmıştır; kaynak sayısının biriken etkisi, PWHT'nin telafi yorulma ömrüne telafi etkisi ve bunun sınırları ve altta yatan fiziksel/metalurjik mekanizma.

TARTIŞMA

Sonuçların, gerçek numuneler üzerinde yapılacak deneysel döner eğilme yorulma testleriyle doğrulanması, bulguların güvenilirliğini artıracaktır.

Bulgular üç madde altında ele alınmıştır; kaynak sayısının biriken etkisi, PWHT'nin telafi yorulma ömrüne telafi etkisi ve bunun sınırları ve altta yatan fiziksel/metalurjik mekanizma.

Kümülatif Hasar ve Kritik Bölge Kayması

Kaynak sayısı arttıkça gözlemlenen ömür azalması literatüredeki deneysel çalışmlalarla ortaya konmuştur. Xu ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada kaynaklı millerde çatlağın kaynak bölgesinde başladığını raporlamışlardır (Xu vd., 2025). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar da kritik gerilmelerin çatlak bölgesine kaydığını göstermektedir. Üçüncü kaynaktaki gerilme yığılması ve buna bağlı olarak yorulma ömrümdeki azalışın sebebinin ise bu kaynak bölgesinin henüz yeni kaynaklı süreksizliğin bu bölgede birikmesi olduğu düşünülmektedir. Bu değerlendirme, yakın zamanda AISI 4140 malzemesi üzerinde yapılan bir çalışmada her yeni kaynak bölgesi, malzemede yeni bir mikroyapısal süreksizlik/kusur bölgesi olarak oratya çıktığı saptamasıyla örtüşmektedir (Da Costa & Freitas, 2025).

PWHT'nin Telafi Kapasitesi ve Sınırları

PWHT uygulamalarının AISI 4140 çeliklerinde kaynaklı bölgelerin mekanik özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiği literatürde çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Daniel Susai vd., 2025; Dewan vd., 2014). Bu bağlamda bu çalışmada ortaya çıkan sonuçlar literatürle tam uyum gösterdiği saptanmıştır. Ancak üçüncü kaynakta gözlenen kısmi iyileşme(yorulma ömrünün sonsuz olmaması), PWHT'nin sınırsız bir çözüm olmadığını, kümülatif kaynaklamanın en nihayetinde malzeme sürekliliğini bozduğu ve hasar oluşumuna kapı araladığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu bulgu, PWHT'ye ek olarak alternatif tekniklerin (örneğin başka bir bölgeye yeniden kama yuvası açılması veya çok pasolu kaynak tekniklerinin) değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Silva ve arkadaşları (Silva vd., 2009) PWHT'siz onarımlarda çok pasolu (temper bead) tekniklerle HAZ tokluğunun iyileştirilebileceğine dair öneriler sunmuşlardır.

Fiziksel Mekanizma

PWHT prosesi uygulanmamış onarımlar, HAZ bölgesinde oluşan kontrolsüz martenzit yapı sebebiyle malzeme özelliklerinde mukavemet artışı sağlarken sünekliğinde ciddi bir düşüşe sebep olduğu bilinmektedir (Kumar, 2023). PWHT'li HAZ bölgesinde ise kontrollü su verme ve temperleme döngüsü, martenzitik yapıyı korurken tokluğu iyileştirmektedir. Bu durum, malzemenin mukavemetinde bir miktar düşüşe sebep olsa da yorulma ömründe önemli bir kazanç sağlamaktadır (Daniel Susai vd., 2025; Dewan vd., 2014). Her iki HAZ durumunda da, ana malzeme ile HAZ bölgesi arayüzlerinde oluşan geometrik/malzeme süreksizlikleri, kama yuvası köşesindeki mevcut gerilme yoğunlaşmasıyla etkileşime girerek kritik bölgenin konumunu ve büyüklüğünü belirlemektedir (Pedersen, 2010). Bu çok bileşenli etkileşim, Da

Costa ve Freitas'ın yaptıkları çalışmada ortaya konan kama yuvası artı omuz geçişi birleşik gerilme yoğunlaşmasıyla benzerlik göstermektedir (Da Costa & Freitas, 2025).

Mühendislik Çıkarımları

Bulgular, sahada gerçekleştirilen kontrolsüz (PWHT'siz) onarım kaynaklarının, özellikle kama yuvası gibi gerilme yoğunlaştırıcı bölgelerde, milin yorulma ömrünü hızla düşürebileceğini göstermektedir. Kontrollü atölye ortamında PWHT uygulanmış onarımların tercih edilmesi, ilk bir-iki onarımda ömrü büyük ölçüde koruyabilmekte; ancak üç ve üzeri tekrarlanan onarımlarda PWHT mutlak bir iyileştirme sağlamamaktadır. Bu bulgu, işletme bakım onarım süreçlerinde "Kaç kez kaynaklanabilir?" sorusuna sayısal bir cevap sunmaktadır. Aynı zamanda bu çalışma belirli bir onarım sayısından sonra parçanın değiştirilmesinin veya ek iyileştirme önlemlerinin (yeniden kama yuvası açılması (Miller vd., 2023) veya çok pasolu kaynak uygulamaları (Silva vd., 2009)) değerlendirilmesi gerektiğine vurgu yapmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada, AISI 4140 çelikten imal edilmiş kama yuvalı bir milde çoklu onarım kaynaklarının ve kaynak sonrası ısıl işlemin (PWHT) döner eğilme yorulma ömrüne etkisi sonlu elemanlar analiziyle incelenmiştir. Sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir;

- Onarım kaynağı sayısı arttıkça ve PWHT uygulanmadığı durumlarda milin yorulma ömrü ilk durumuna göre azaldığı gözlemlenmiştir. Bir, iki ve üç kaynaklı senaryolarda sırasıyla %51, %64 ve %76 oranında ömür kaybı gözlenmiştir.
- PWHT uygulamaları sonrasında yorulma ömürleri incelendiğinde 1 ve 2 kaynak durumlarında malzeme dayanımında sonsuz ömüre ulaşıldığı görülmüştür.
- Üç kaynaklı durumda ise PWHT uygulamasının ciddi bir dayanım sağladığı fakat yine de sonsuz bir yorulma ömrüne ulaşamadığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, PWHT'nin ömür kaybını ciddi oranda (%139) azaltan fakat sınırsız olmayan bir önlem olduğunu göstermektedir.
- Kritik gerilme yığılması, kaynak sayısı arttıkça sistematik olarak en son eklenen kaynağa kaymış; bu durum, tekrarlanan onarımlarda en güncel kaynağın öncelikli denetim noktası olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, düşük alaşımlı çelik millerde tekrarlanan onarım kaynaklarının yorulma ömrü üzerindeki birikimli etkisini ve PWHT'nin bu etkiyi ne oranda iyileştirebileceği sayısal olarak ortaya koymaktadır. Bulgular, saha bakım onarım proseslerinin gözden geçirilmesine ve gelecekteki deneysel doğrulama çalışmalarına temel oluşturabilecek öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

MatWeb. (2026, Ağustos 11). *AISI 4140 Steel, oil quenched, 50 mm (2 in.) round [845°C (1550°F) quench, 540°C (1000°F) temper]*. (t.y.). Geliş tarihi 11 Ağustos 2026, gönderen https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=1897ec2242d14abba04ef1de7e7be01d&ckck=1

Chen, H., Chen, T.-C., Hsu, H.-H., & Tsay, L.-W. (2025). Effect of Microstructure and Compressive Residual Stress on the Fatigue Performance of AISI 4140 Steel with QPQ Salt-Bath Nitro-Carburizing. *Materials*, *18*(9), 1995. https://doi.org/10.3390/ma18091995

Da Costa, P. R., & Freitas, M. (2025). Failure analysis by keyway stress concentration of a pickling decoiler machine output shaft. *Engineering Failure Analysis*, *174*, 109515. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2025.109515

Daniel Susai, J. A., Babu, S., Karpagaraj, A., & Dhilip, A. (2025). Experimental investigation of the effect of post-weld heat treatment on the mechanical properties and microstructure of thick AISI 4140 steel TIG-welded joints using a Gleeble 3500. *Sādhanā*, *50*(2), 78. https://doi.org/10.1007/s12046-025-02734-w

Dewan, M. W., Liang, J., Wahab, M. A., & Okeil, A. M. (2014). Effect of post-weld heat treatment and electrolytic plasma processing on tungsten inert gas welded AISI 4140 alloy steel. *Materials & Design (1980-2015)*, *54*, 6-13. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.08.035

Ghelloudj, E., & Keziz, A. (2025). Experimental failure analysis of AISI 4140 steel interconnecting shaft of the high-speed centrifugal compressor for regeneration gas. *Engineering Failure Analysis*, *170*, 109283. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2025.109283

Kumar, D. S. (2023, Eylül 13). *How to Weld AISI 4140 Steel: Complete Guide*. https://materialwelding.com/how-to-weld-aisi-4140-steel/

Machado, P. V. S., Araújo, L. C., Soares, M. V., & Araújo, J. A. (2019). The use of a modified critical plane model to assess multiaxial fatigue of steels with nonmetallic inclusions. *MATEC Web of Conferences*, *300*, 16005. https://doi.org/10.1051/matecconf/201930016005

Miller, B. A., Taylor, R. O., Swartzentruber, P. D., & Kelly, B. P. (2023). Failure of Steel Shafts Due to Improper Repair Welding. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, *23*(2), 894-909. https://doi.org/10.1007/s11668-023-01629-4

Netpu, S., & Buapool, S. (2023). Fatigue Failure of the Input Shaft Used in Gearbox. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, *23*(5), 1958-1966. https://doi.org/10.1007/s11668-023-01735-3

Otai, J. (2025, Eylül 28). 4140 QT Steel Properties: Everything You Need to Know. *Special Steel China Supplier-OTAI Special Steel*. https://www.otaisteel.com/4140-qt-steel-properties-3/

Pedersen, N. L. (2010). Stress concentrations in keyways and optimization of keyway design. *The Journal of Strain Analysis for Engineering Design*, *45*(8), 593-604. https://doi.org/10.1177/0309324710045008004

Silva, C. C., De Albuquerque, V. H. C., Moura, C. R. O., Aguiar, W. M., & Farias, J. P. (2009). Evaluation of AISI 4140 Steel Repair Without Post-Weld Heat Treatment. *Journal of Materials Engineering and Performance*, *18*(3), 324-331. https://doi.org/10.1007/s11665-008-9294-5

Upadhyaya, Y. S., Kottawar, R. B., Patil, N. S., & Managuli, V. (2023). Investigation of Plane-Strain Fracture Toughness and Failure Analysis of AISI-4140 Alloy Steel. *RAiSE-2023*, 119. https://doi.org/10.3390/engproc2023059119

Xu, Z., Yang, C., Shi, F., Liu, W., Xu, N., Hu, Z., Li, C., Liu, K., Cao, P., & Wang, D. (2025). Multiaxial Fatigue Life Assessment of Large Welded Flange Shafts: A Continuum Damage Mechanics Approach. *Materials*, *18*(24), 5528. https://doi.org/10.3390/ma18245528

OPERATING TEMPERATURE EFFECTS AND THERMAL MANAGEMENT STRATEGIES IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS: A SHORT TECHNICAL REVIEW

Burak AKGÜL
Erciyes Univ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Uçak Müh. Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye.
burak.16.akgul@gmail.com
ORCID ID: 0000-0003-4440-1853
Dr. İsmail ATA
Erciyes Univ., Havacılık ve Uzay Bil. Fakültesi, Uzay Müh. Bölümü, Kayseri, Türkiye.
ismailata@erciyes.edu.tr
ORCID ID: 0000-0003-0412-8397

Abstract

Photovoltaic (PV) modules frequently operate well above the 25 °C standard-test temperature, causing a reduction in open-circuit voltage, fill factor, maximum power, and long-term reliability. This short technical review summarizes the temperature dependence of PV performance and compares the principal passive, active, and hybrid thermal-management strategies. Passive solutions—including rear-side ventilation, fins, radiative surfaces, and phase change materials (PCMs) have low auxiliary energy demand but limited controllability. Forced-air, water, spray, and nanofluid systems provide stronger heat removal, although their net benefit can be reduced by pumping power, water use, maintenance, and system complexity. Hybrid PV/thermal and PCM-assisted arrangements offer additional value through heat recovery or thermal storage. Representative studies show that properly designed PCM systems can increase annual energy yield, while liquid and porous-media cooling can achieve substantial temperature and power improvements under hot conditions. The comparison indicates that temperature reduction alone is an insufficient selection criterion; net energy gain, climate suitability, durability, cost, water demand, and integration constraints must be considered together.

Keywords: photovoltaic systems; operating temperature; PV efficiency; thermal management; passive cooling; active cooling; phase change material; PV/T

1. Introduction and Scope

Solar photovoltaic technology has become a major component of the global low-carbon electricity transition. Annual PV installations reached 601 GW in 2024, increasing cumulative capacity to more than 2.2 TW at the beginning of 2025 [1]. At the same time, independently confirmed cell and module records continue to improve [2]. These gains, however, are generally reported under standard test conditions (1000 W/m², AM1.5 spectrum, and 25 °C cell temperature), whereas field modules experience fluctuating irradiance, ambient temperature, wind, humidity, soiling, and installation-dependent ventilation.

Only a fraction of the incident solar energy is converted into electricity; the remainder is either reflected or converted into heat. As cell temperature rises, open-circuit voltage and fill factor decrease, while short-circuit current increases only slightly, leading to a net power loss [3-5]. Prolonged heat exposure and thermal cycling can also accelerate encapsulant degradation, delamination, solder fatigue, and cell cracking [4]. Thermal management therefore affects both immediate energy yield and service life.

A targeted literature synthesis was conducted using seminal temperature-performance studies together with recent reviews and representative experimental or numerical investigations of PV cooling [3,6-14]. Priority was given to studies reporting temperature reduction, electrical or energy-yield improvement, auxiliary-energy demand, and practical limitations. The objective is not an exhaustive systematic review, but a compact application-oriented comparison suitable for a short paper.

2. Temperature-Dependent PV Performance

PV output is governed primarily by short-circuit current (Isc), open-circuit voltage (Voc), fill factor (FF), and the maximum-power point (MPP). Elevated temperature narrows the semiconductor bandgap and slightly increases Isc, but the associated increase in carrier concentration and recombination causes a much larger reduction in Voc and FF [3,4]. For crystalline-silicon modules, the power or efficiency temperature coefficient is commonly around -0.4%/°C to -0.5%/°C, although the precise value depends on cell technology, module construction, irradiance, and test conditions [3-5].

As illustrated schematically in Figure 1, increasing cell temperature shifts the I-V curve toward lower voltage and moves the MPP downward, whereas current changes only modestly. The corresponding P-V curve therefore exhibits a lower peak, showing that cooling improves electrical output without increasing the available solar irradiance. This effect is especially relevant in hot, arid, building-integrated, and concentrated-PV applications.

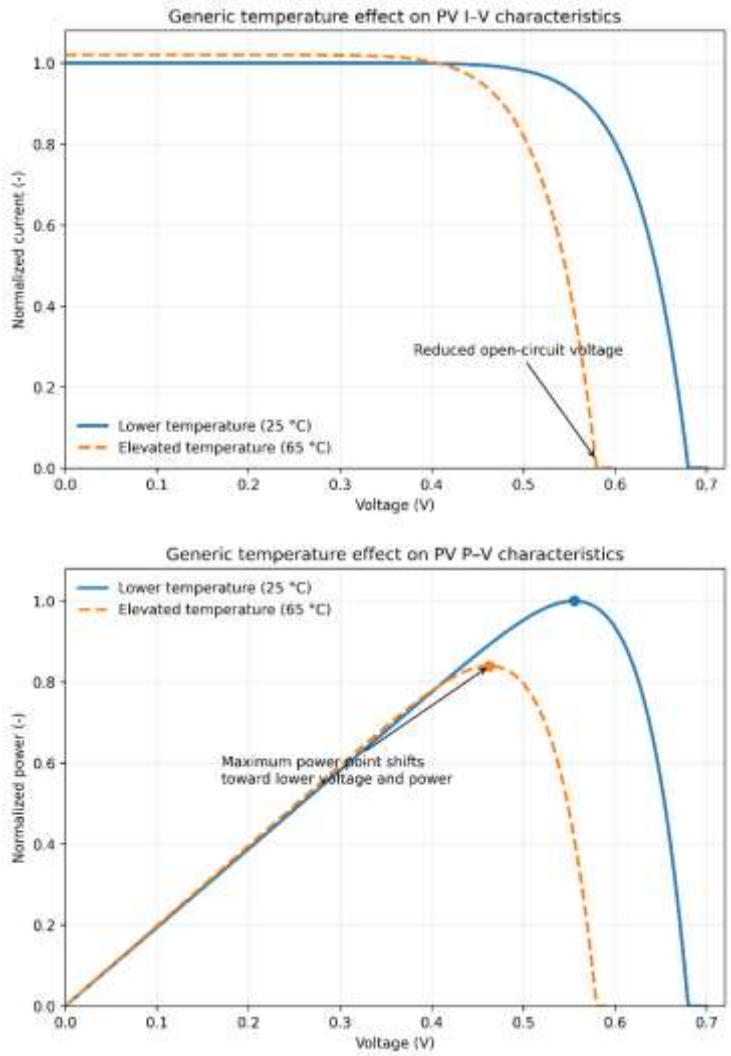


Figure 1. Generic effect of operating temperature on PV I-V and P-V characteristics. Authors' schematic based on Refs. [3–5].

3. Cooling Strategies and Comparative Assessment

PV thermal-management strategies can be classified as passive, active, or hybrid according to auxiliary-energy use and whether removed heat is recovered or stored. Passive approaches rely on natural convection, radiation, conduction, or latent-heat storage; active systems use fans, pumps, sprays, or circulating fluids; hybrid systems combine cooling with PV/T heat recovery, PCM storage, heat pipes, or thermoelectric components [6-8]. Figure 2 provides the classification used in this paper.

Figure 2 organizes the principal options before the detailed comparison in Table 1. Passive methods prioritize simplicity and low parasitic demand, active methods offer stronger and controllable heat removal, and hybrid systems seek to convert or store part of the rejected heat. The selection should therefore reflect the thermal load and the intended end use, rather than a single reported temperature reduction.

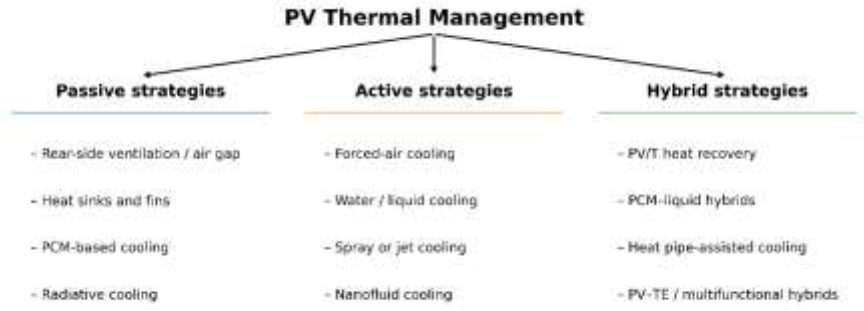


Figure 2. Authors' synthesis of passive, active, and hybrid PV thermal management strategies based on Refs. [6–8].

Passive cooling is generally preferred where low maintenance and zero auxiliary power are priorities. Rear-side air gaps and fins are mature and inexpensive, but their effectiveness depends strongly on wind and geometry. PCMs absorb heat near their melting temperature and suppress short-duration thermal peaks. Khanna et al. showed that PCM depth and fin geometry are key design variables [9], while a year-long Mediterranean study reported a 5.7% annual generation increase for a PV+PCM system [10]. PCM limitations include low thermal conductivity, added mass, leakage, and incomplete night-time solidification. Radiative surfaces avoid water and moving parts, but long-term performance under UV exposure, dust, and cleaning remains uncertain [6,7].

Active systems are more controllable and typically remove heat faster. Forced air is simple but has limited heat capacity and requires fan power. Water circulation, rear channels, and front-side sprays provide higher heat-transfer coefficients and may also support heat recovery or module cleaning. Under modeled hyper-arid conditions, water cooling reduced cell temperature by more than 35 °C and increased net electrical output by 30.9%, whereas porous-media evaporation achieved approximately 30 °C reduction and a 26.3% net-output gain [11]. These results are condition-specific, and practical designs must account for pump energy, water availability, scaling, corrosion, and maintenance. Nanofluids can enhance heat transfer but introduce stability, viscosity, clogging, cost, and environmental concerns [7, 12].

Hybrid PV/T and PCM-assisted configurations are attractive when useful heat or thermal storage has value. PV/T systems can simultaneously cool the module and supply low-temperature heat, increasing total energy utilization [13]. PCM-liquid, heat-pipe, and PCM-nanofluid combinations improve heat discharge relative to plain PCM, but add components, control requirements, and cost [12,14]. No method is universally superior; the relevant metric is net system benefit.

Table 1. Condensed comparison of PV thermal-management strategies.

Strategy	Mechanism / examples	Main strengths	Main limitations	Best-fit applications
Ventilation / fins	Natural convection and extended area	Simple; no operating energy; mature	Wind- and geometry-dependent; added area/weight	Rooftop and building-mounted PV
PCM / enhanced PCM	Latent-heat storage; fins or conductive additives	Peak-temperature suppression; passive operation	Low conductivity; leakage; mass; incomplete regeneration	BIPV and short-duration peak control
Radiative cooling	Long-wave infrared emission	Water-free; no moving parts	Soiling, UV aging, coating durability	Water-scarce and hot regions
Forced air	Fan-driven convection	Controllable; low water demand	Fan power, noise, ducts; modest heat capacity	PV/T air and dry-climate systems
Water / spray	Liquid convection or evaporation	High heat-removal rate; cleaning/heat-recovery potential	Water use, pumps, scaling, leakage, corrosion	Hot climates and PV/T applications
Nanofluid / porous media	Enhanced convection or capillary evaporation	Compact or low-energy high cooling potential	Stability, clogging, fouling, environmental and durability issues	Advanced prototypes and off-grid hot regions
Hybrid PV/T / PCM	Cooling with useful-heat recovery or storage	Higher total energy utilization; improved control	Higher cost, complexity, controls, maintenance	Buildings, process heat, high-performance systems

The condensed comparison shows a consistent trade-off between simplicity and thermal control. Passive systems minimize auxiliary energy and maintenance but are highly sensitive to ambient conditions. Active liquid methods provide the largest heat-removal capacity, yet their practical value depends on pumping energy, water management, and reliability. Hybrid systems become most attractive when the rejected heat has a useful destination or when thermal storage can reduce peak loads. Accordingly, a method should be selected by net energy gain and application fit rather than by peak temperature reduction alone.

4. Research Needs and Conclusion

Three priorities emerge from the comparison. First, many reported gains come from short laboratory tests or climate-specific simulations; long-term outdoor validation is needed under changing irradiance, wind, humidity, dust, and seasonal conditions [6-8,11]. Second, studies should report a common minimum set of metrics: irradiance, ambient and module temperatures, electrical output, auxiliary power, water consumption, net energy gain, cost, and degradation. Third, advanced PCMs, nanofluids, coatings, and porous structures require durability, lifecycle, and environmental assessment before scale-up [12-14].

Elevated operating temperature reduces PV voltage, fill factor, power output, and reliability. Passive methods offer simplicity and low parasitic demand, active methods provide higher and more controllable heat removal, and hybrid systems can improve total energy use through heat recovery or storage. Accordingly, the preferred solution is application-specific: ventilation or fins may be sufficient for conventional rooftops; PCM can buffer peak temperatures; water or active liquid cooling may be justified under high heat flux or when useful heat is required; and waterless concepts are important for arid regions. Future selection and optimization should

therefore be based on net energy and lifecycle value rather than maximum temperature reduction alone.

References

[1] IEA PVPS, Trends in Photovoltaic Applications 2025, International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme, Report IEA PVPS T1-48:2025, 2025.
[2] M. A. Green et al., "Solar Cell Efficiency Tables (Version 67)," Progress in Photovoltaics: Research and Applications, vol. 34, pp. 482–496, 2026, doi: 10.1002/pip.70068.
[3] E. Skoplaki and J. A. Palyvos, "On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations," Solar Energy, vol. 83, pp. 614–624, 2009, doi: 10.1016/j.solener.2008.10.008.
[4] Sun, C., Zou, Y., Qin, C., Zhang, B., & Wu, X. (2022). Temperature effect of photovoltaic cells: a review. Advanced Composites and Hybrid Materials, 5(4), 2675-2699.
[5] Hudișteanu, V. S., Cherecheș, N. C., Țurcanu, F. E., Hudișteanu, I., & Romila, C. (2024). Impact of temperature on the efficiency of monocrystalline and polycrystalline photovoltaic panels: A comprehensive experimental analysis for sustainable energy solutions. Sustainability, 16(23), 10566.
[6] Karthick, A. (2026). Review of photovoltaic cooling methods to improve electrical efficiency. Multiscale and Multidisciplinary Modeling, Experiments and Design, 9(1), 107.
[7] Appalasamy, K., Mamat, R., & Kumarasamy, S. (2025). Smart thermal management of photovoltaic systems: Innovative strategies. AIMS Energy, 13(2), 309-353.
[8] Wang, C., Guo, F., Liu, H., & Wang, G. (2025). A comprehensive review of research works on cooling methods for solar photovoltaic panels. Energies, 18(16), 4305.
[9] Khanna, S., Reddy, K. S., & Mallick, T. K. (2018). Optimization of finned solar photovoltaic phase change material (finned pv pcm) system. International Journal of Thermal Sciences, 130, 313-322.
[10] Savvakis, N., & Tsoutsos, T. (2021). Theoretical design and experimental evaluation of a PV+ PCM system in the mediterranean climate. Energy, 220, 119690.
[11] Menacer, B., Baghdous, N. E. H., Narayan, S., Al-lehaibi, M., Osorio, L., & Tuninetti, V. (2025). Efficiency enhancement of photovoltaic panels via air, water, and porous media cooling methods: thermal–electrical modeling. Sustainability, 17(14), 6559.
[12] Sheik, M. A., Aravindan, M. K., Cuce, E., Dasore, A., Rajak, U., Shaik, S., ... & Riffat, S. (2022). A comprehensive review on recent advancements in cooling of solar photovoltaic systems using phase change materials. International Journal of Low-Carbon Technologies, 17, 768-783.
[13] Lamnatou, C., & Chemisana, D. (2017). Photovoltaic/thermal (PVT) systems: A review with emphasis on environmental issues. Renewable energy, 105, 270-287.
[14] Liu, Y., Zhang, X., Hua, W., Fang, M., & Zhang, J. (2024). Research progress of photovoltaic cooling systems based on phase change materials: An overview. Energy Technology, 12(6), 2301614.

ECHO STATE NETWORK İLE DENEYSEL TERMAL SİSTEM TANILAMA VE ÇOK ADIMLI DOĞRULAMA

Yük. Müh. Erkan EGELİ[1,2]
[1] Bursa Uludağ Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye
[2] EMKO Elektronik A.Ş., AR-GE, Bursa, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-3381-0416
erkan.egeli@emkoelektronik.com.tr
Dr. Oğuzhan COŞKUN[2]
[2] EMKO Elektronik A.Ş., AR-GE, Bursa, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-1197-6565
oguzhan.coskun@emkoelektronik.com.tr
Enes CANLI[1]
[1] Bursa Uludağ Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye
ORCID ID: 0009-0008-7389-3272
enescanli714@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, belirgin ısıl gecikmeye ve çalışma noktasına bağlı doğrusal olmayan davranışa sahip deneysel bir termal sistemin veri güdümlü tanılanması için Echo State Network (ESN) tabanlı nedensel bir modelleme yaklaşımı sunulmuştur. Kapalı çevrim oransal-integral-türev (PID) denetimi ile kontrollü doğrudan darbe genişlik modülasyonu (PWM) uyarımları altında elde edilen deneysel kayıtlar, gerçekten uygulanmış PWM geri okumasını kullanan bir saniyelik nedensel giriş-çıkış geçişlerine dönüştürülmüştür. Model, ardışık örnekler arasındaki sıcaklık değişimini kestirecek biçimde eğitilmiş; fiziksel oturumlar geliştirme, doğrulama, ayrılmış test ve yüksek sıcaklık testi kümelerine ayrılmıştır. Model seçimi yalnızca geliştirme ve doğrulama rolleri üzerinden, birden çok rezervuar başlangıç tohumu ve 10–180 s arasındaki serbest çok adımlı tahminler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme protokolünde tek adımlı doğruluğun yanı sıra tahmin ufkuna ve başlangıç sıcaklığına bağlı hata büyümesi, düşük tahmin yönündeki hata kuyruğu, çoklu tohum sağlamlığı ve karşıolgusal giriş yönü tutarlılığı birlikte incelenmiştir. Fiziksel oturumların veri rolleri arasında bölünmemesi ve ölçekleme ile model katsayılarının yalnızca geliştirme verisinden belirlenmesiyle değerlendirme sürecindeki veri sızıntısı önlenmiştir. Dondurulmuş modelin tek adımlı ortalama mutlak hatası (MAE), ayrılmış testte 0,0375 °C, yüksek sıcaklık testinde 0,0425 °C olarak bulunmuştur. 180 s serbest tahminde MAE değerleri sırasıyla 0,3704 °C ve 0,3851 °C olmuş; son değeri koruma yaklaşımına göre MAE'de sırasıyla %90,18 ve %87,34 azalma elde edilmiştir. İncelenen veri rollerindeki serbest tahminlerde sayısal sapma gözlenmemiş ve karşıolgusal PWM sınamalarında giriş yönü ihlali oluşmamıştır. Sonuçlar, önerilen yaklaşımın incelenen deneysel çalışma bölgesinde uzun ufuklu termal sistem tanılama için önceden tanımlanan çevrimdışı doğrulama ölçütlerini karşılayan bir model sunduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Echo State Network, sistem tanılama, termal sistemler, rezervuar hesaplama, serbest çok adımlı tahmin, model doğrulama.

EXPERIMENTAL THERMAL SYSTEM IDENTIFICATION AND MULTI-STEP VALIDATION USING ECHO STATE NETWORKS

ABSTRACT

This study presents a causal Echo State Network (ESN)-based modeling approach for data-driven identification of an experimental thermal system with pronounced thermal lag and operating-point-dependent nonlinear behavior. Experimental records obtained under closed-loop proportional–integral–derivative (PID) control and controlled direct pulse-width modulation (PWM) excitation were converted into one-second causal input–output transitions using the PWM feedback that was actually applied. The model was trained to estimate the temperature increment between consecutive samples, while complete physical sessions were assigned to development, validation, held-out test, and high-temperature test sets. Model selection was performed only on the development and validation roles using multiple reservoir seeds and free-running multi-step predictions over horizons from 10 to 180 s. In addition to one-step accuracy, the evaluation protocol jointly examined horizon- and initial-temperature-dependent error growth, the underprediction error tail, multi-seed robustness, and counterfactual input-direction consistency. Data leakage was prevented by keeping physical sessions intact across data roles and by estimating scaling parameters and model coefficients exclusively from the development data. The frozen model achieved one-step mean absolute errors (MAEs) of 0.0375 °C on the held-out test and 0.0425 °C on the high-temperature test. At the 180 s horizon, the corresponding MAEs were 0.3704 °C and 0.3851 °C, representing reductions of 90.18% and 87.34%, respectively, relative to the persistence baseline. No numerical divergence was observed in free-running predictions for any data role, and no input-direction violations occurred in the counterfactual PWM tests. The results show that the proposed approach satisfies the predefined offline validation criteria for long-horizon thermal-system identification within the investigated experimental operating region.

Keywords: Echo State Network, system identification, thermal systems, reservoir computing, free-running multi-step prediction, model validation.

1. GİRİŞ

Termal süreçlerin güvenilir biçimde modellenmesi; sıcaklığın izlenmesi, enerji kullanımının düzenlenmesi, arıza belirtilerinin saptanması ve model tabanlı denetim algoritmalarının geliştirilmesi açısından temel bir gereksinimdir. Isıtıcı gücü ile ölçülen sıcaklık arasındaki

dinamik ilişki; ısıl gecikme, çevreye ısı kaybı, çalışma noktasına bağlı kazanç, sensör ve eyleyici dinamikleri ile dış bozucuların ortak etkisi altında oluşur. Bu özellikler, geniş bir çalışma aralığında geçerli ve uzun tahmin ufuklarında hatası sınırlı bir modelin elde edilmesini güçleştirir. Özellikle hassas sıcaklık düzenlemesi gerektiren uygulamalarda küçük model yanlılıkları ardışık tahminlerde birikerek gelecekteki sıcaklık eğiliminin hatalı temsil edilmesine yol açabilir.

Birinci ilkelere dayalı (fizik tabanlı) modeller fiziksel yorumlanabilirlik sağlamakla birlikte, etkili ısıl kapasite, ısı transfer katsayıları, sensör gecikmesi ve eyleyici davranışı gibi parametrelerin deneysel olarak belirlenmesini gerektirir. Veri güdümlü sistem tanılama ise ölçülen giriş-çıkış dizilerinden sürecin dinamik davranışını doğrudan kestirmeyi amaçlar (Ljung, 1999). Bununla birlikte, termal süreçlerin yavaş değişen doğası nedeniyle düşük tek adımlı hata, modelin uzun süreli kullanımda güvenilir olduğunu tek başına göstermez. Modelin, gerçek sıcaklıkla her adımda düzeltilmediği serbest çok adımlı tahminlerde de sınanması gerekir.

Echo State Network (ESN), tekrarlayan sinir ağlarının rezervuar hesaplama yaklaşımına dayanan bir model sınıfıdır. Girişlerin zamansal geçmişi, sabit ve tekrarlayan bağlantılara sahip yüksek boyutlu bir rezervuar durumuna dönüştürülür ve eğitim çoğunlukla yalnızca doğrusal okuma katmanının kestirilmesiyle gerçekleştirilir (Jaeger, 2003; Lukoševičius ve Jaeger, 2009). Böylece, doğrusal olmayan zamansal bağımlılıklar, bütün tekrarlayan ağ ağırlıklarının geri yayılımla güncellenmesini gerektirmeden temsil edilebilir. Bununla birlikte, rezervuar boyutu, spektral yarıçap, sızıntı oranı, giriş ölçekleme, bağlantı yoğunluğu, düzenlileştirme katsayısı ve başlangıç tohumu model davranışını belirgin biçimde etkiler (Lukoševičius, 2012; Yildiz vd., 2012). Bu nedenle ESN başarısının tek bir yapı veya başlangıç tohumu üzerinden değil, ayrılmış doğrulama verileri ve sağlamlık ölçütleriyle değerlendirilmesi gerekir.

Sistem tanılama açısından bir diğer kritik unsur, verinin hangi denetim koşullarında toplandığıdır. Kapalı çevrim oransal-integral-türev (PID) çalışmasında sıcaklık hatası denetleyici çıkışını, denetleyici çıkışı da sonraki sıcaklığı belirlediğinden süreç girdisi ile ölçüm gürültüsü veya bozucular arasında geri besleme kaynaklı korelasyon oluşabilir. Ayrıca iyi ayarlanmış bir PID, sistemi dar bir çalışma bölgesinde tutarak tanılama için gerekli giriş zenginliğini sınırlayabilir (Forssell ve Ljung, 1999; Gevers, 2005; Van den Hof, 1998). Denetleyiciden bağımsız doğrudan uyarımlar daha geniş bir dinamik kapsam sağlayabilse de güvenlik, deney süresi ve çalışma sınırları gözetilmelidir. Bu nedenle kapalı çevrim verisinin kontrollü darbe genişlik modülasyonu (PWM) basamakları ve genlik modülasyonlu sözde

rastgele ikili dizi (APRBS) uyarımlarıyla tamamlanması, gerçek sistemlerde uygulanabilir bir veri toplama yaklaşımıdır.

Bu çalışmada söz konusu problem, belirgin ısıl gecikmeye sahip deneysel bir lehimleme istasyonu üzerinde incelenmiştir. Sistem hem kapalı çevrim PID denetimi altında hem de kontrollü doğrudan PWM basamakları ve APRBS uyarımlarıyla çalıştırılmış; kararlı durum, ısınma, soğuma ve farklı çalışma noktalarını içeren bağımsız deney oturumları elde edilmiştir. Bu uyarım biçimleri ayrı model sınıfları olarak karşılaştırılmamakta; tek bir sistem tanılama veri kümesinin tamamlayıcı bileşenleri olarak kullanılmaktadır. Lehimleme istasyonu, belirli bir ticari ürünün performansını değerlendirmekten ziyade, kontrollü giriş uygulanabilen gerçek bir termal süreç üzerinde nedensel modelleme ve uzun ufuklu doğrulama problemini incelemek üzere deneysel platform olarak seçilmiştir.

Modelleme sözleşmesinde doğrudan hedef, ardışık bir saniyelik sınırlar arasındaki sıcaklık değişimidir. k anındaki nedensel durum vektörü ile k ve k+1 sınırları arasındaki fiziksel zaman aralığında gerçekten uygulanmış PWM geri okuması kullanılarak bu değişim kestirilmiş; bir sonraki sıcaklık, ölçülen başlangıç sıcaklığı ile kestirilen değişimin toplamı olarak yeniden oluşturulmuştur. Böylece yazılımsal komut yerine eyleyici geri okuması kullanılmış ve gelecekteki sıcaklık bilgisi özelliklere taşınmadan nedensel geçişler elde edilmiştir. Fiziksel oturumlar geliştirme, doğrulama, ayrılmış test (manifestte locked) ve yüksek sıcaklık testi (manifestte edge_safety) rollerine bütün hâlinde ayrılmış; aynı oturumun farklı veri rollerine dağılması önlenmiştir. Ölçekleme parametreleri, yardımcı kestirimler ve model katsayıları yalnızca geliştirme oturumlarından belirlenmiş; doğrulama oturumları aday yapıların seçilmesinde kullanılmıştır. Ayrılmış test ve yüksek sıcaklık testi oturumları, nihai otomatik model seçimi skoruna dâhil edilmemiştir.

Çalışmanın ana araştırma sorusu, deneysel bir termal sistemin giriş-çıkış dinamiklerinin; fiziksel oturum bütünlüğünü koruyan ve gerçekten uygulanmış kontrol girdisini kullanan bir ESN modeliyle, eğitimde yer almayan oturumlarda ne doğrulukta ve ne ölçüde sağlam biçimde temsil edilebildiğidir. Bu amaçla model; tek adımlı hata ölçütlerine ek olarak farklı sürelerde serbest çok adımlı tahminler, sıcaklık bölgelerine göre hata, yüksek sıcaklık bölgelerinde gerçek değerin altında tahmin davranışı, farklı rezervuar başlangıç tohumları ve karşıolgusal fizik sınamalarıyla değerlendirilmiştir. Son değeri koruma yaklaşımı, temel karşılaştırma modeli olarak kullanılmıştır.

Çalışmanın başlıca katkıları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Kapalı çevrim PID ile doğrudan PWM basamakları ve APRBS uyarımlarından elde edilen deneysel termal verilerin, gerçekten uygulanmış PWM geri okumasına dayanan bir saniyelik nedensel giriş-çıkış geçişleri biçiminde düzenlenmesi.
2. Fiziksel oturumları geliştirme, doğrulama, ayrılmış test ve yüksek sıcaklık testi rollerine bütün hâlinde ayıran; ölçekleme ve eğitimi geliştirme oturumlarıyla, nihai otomatik model seçimini ise geliştirme ve doğrulama rolleriyle sınırlandıran bir değerlendirme protokolünün uygulanması.
3. ESN modelinin tek adımlı hataya ek olarak çok ufuklu serbest tahmin, sıcaklık bölgeleri, çok tohumlu sağlamlık, yüksek sıcaklıkta düşük tahmin riski, son değeri koruma temel modeli ve karşıolgusal PWM monotonluk sınamasıyla değerlendirilmesi.

1.1. ESN Tabanlı Sistem Tanılama ve Sağlam Model Seçimi

ESN'nin sistem tanılama bağlamındaki erken çalışmalarından biri Jaeger (2003) tarafından sunulmuştur. Sabit bir rezervuar ile eğitilebilir doğrusal okuma katmanından oluşan yapı açıklanmış ve okuma ağırlıklarının özyinelemeli en küçük karelerle çevrim içi uyarlanması bir doğrusal olmayan otoregresif hareketli ortalama (NARMA) sistemi üzerinde gösterilmiştir. Lukoševičius ve Jaeger (2009), rezervuar hesaplama yöntemlerini sistematik biçimde sınıflandırarak sabit dinamik rezervuar ile basit okuma katmanının ayrıştırılmasının eğitim kolaylığı ve zamansal bilgi işleme açısından sağladığı avantajları ortaya koymuştur. Lukoševičius (2012) ise rezervuar boyutu, spektral yarıçap, sızıntı oranı, giriş ölçekleme, başlangıç geçişlerinin dışlanması ve düzenlileştirme gibi seçimler için uygulamaya dönük bir çerçeve sunmuştur.

Yildiz vd. (2012), spektral yarıçapın birden küçük olmasının yankı durumu özelliği için tek başına yeterli olmadığını göstermiştir. Deneysel bir pilot ısıtıcıyı da içeren Ushikoshi ve Aguirre (2023), hiperparametrelerin yalnız ortalama hatayı değil, üretilen dinamik rejimi ve başlangıç tohumlarına duyarlılığı da değiştirebildiğini bildirmiştir. Antonelo vd. (2015), bir dikey yükseltici modelinin sistem tanılamasında ESN kullanımını inceleyerek yaklaşımın doğrusal olmayan süreçlere uygulanabilirliğini göstermiştir. Racca ve Magri (2021) ise hiperparametre eniyilemesi ile doğrulamanın eğitim verisindeki en iyi tek adaya indirgenmesinin genelleme hakkında yanıltıcı olabileceğini vurgulamıştır. Bu bulgular, aday yapıların birden çok başlangıç tohumuyla değerlendirilmesini ve geliştirme, doğrulama ile nihai test rollerinin birbirinden ayrılmasını desteklemektedir.

1.2. Çok Adımlı Tahmin ve Model Doğrulama

Bir modelin ileride model tabanlı denetimde kullanılabilmesi için yalnızca bir sonraki örneği doğru tahmin etmesi yeterli değildir; hataların tahmin ufku boyunca nasıl biriktiği de değerlendirilmelidir. Schwedersky vd. (2022), çevrim içi ve çok adımlı, model öngörülü kontrol (MPC) açısından ilgili bir ESN tanılama yöntemi önermiştir. Simüle edilmiş konik tank sürecindeki sonuçlar, model seçiminin amaçlanan tahmin ufuklarıyla uyumlu olması gerektiğini göstermektedir. Viehweg vd. (2023) de çok adımlı zaman serisi tahmini için ESN parametrelendirmesini doğrudan ele almış ve tek adımlı başarı ile uzun ufuklu başarının aynı model seçimine yol açmayabileceğini ortaya koymuştur.

Williams vd. (2026), rezervuar hesaplama tabanlı modelleri sistem tanılama ve model öngörülü kontrol bağlamında değerlendirmiş; incelenen problemlerde hesaplama maliyeti, geçerli tahmin süresi ve denetim amacı açısından avantajlar bildirmiştir. Bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, eğitim hedefi ile model seçim ölçütlerinin amaçlanan kullanım ufkuyla uyumlu olması gerektiği görülmektedir. Mevcut bildiride canlı model öngörülü denetim performansı değil, böyle bir uygulamadan önce gerekli olan bağımsız ve çok adımlı model doğrulaması ele alınmaktadır.

1.3. Kapalı Çevrim Veri Toplama ve Çalışmanın Konumu

Kapalı çevrim sistem tanılamada süreç girdisi ölçülen çıkışa bağlı bir denetleyici tarafından üretildiği için giriş sinyali ile bozucu ve ölçüm gürültüsü arasında korelasyon oluşabilir. Forssell ve Ljung (1999), kapalı çevrim tanılama yöntemlerini tahmin hatası çerçevesinde birleştirerek doğrudan, dolaylı ve ortak giriş-çıkış yaklaşımlarının özelliklerini incelemiştir. Van den Hof (1998) kapalı çevrim gözlemlerden model kestirimi için geliştirilen yöntemleri karşılaştırmış ve bu modellerin denetim tasarımındaki rolünü tartışmıştır. Bu kuramsal sonuçlar, PID altında toplanan verinin bağımsız bir giriş-çıkış zaman serisi gibi yorumlanamayacağını göstermektedir.

Gevers (2005), denetim amaçlı tanılamanın gelişimini deney tasarımı perspektifiyle ele almış ve amaçlanan kullanım açısından bilgilendirici verinin üretilmesini vurgulamıştır. Bu bakışa göre veri miktarı kadar, sistemin hangi çalışma noktaları ve dinamik rejimlerde uyarıldığı da belirleyicidir. Mevcut çalışmada kapalı çevrim PID oturumları, doğrudan PWM basamakları ve APRBS fazları bu nedenle aynı modelleme veri havuzunun tamamlayıcı bileşenleri olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte bu veri bileşiminin geri besleme kaynaklı tanılama sorunlarını kuramsal olarak ortadan kaldırdığı ileri sürülmemekte; veri toplama koşulları, oturum rolleri ve değerlendirme sınırları açık biçimde raporlanmaktadır.

Literatür; ESN mimarisinin temelini, sağlam model seçimini, deneysel süreç tanılamayı, çok adımlı değerlendirmeyi ve kapalı çevrim veri toplamanın kuramsal sorunlarını büyük ölçüde ayrı ayrı ele almaktadır. Bu çalışma söz konusu bileşenleri gerçek bir termal sistem üzerinde ortak bir doğrulama protokolünde birleştirmektedir. Ayırt edici yön; tek bir eğitim veya tek adımlı hata değeri sunmakla yetinilmemesi, giriş-çıkış zaman hizalamasının fiziksel geçişe göre kurulması, fiziksel oturum bütünlüğünün korunması ve model başarısının bağımsız oturumlar, uzun tahmin ufukları, birden çok başlangıç tohumu, yüksek sıcaklıkta düşük tahmin davranışı ve karşıolgusal fizik sınamaları üzerinden incelenmesidir.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. Deneysel Düzenek ve Veri Kümeleri

2.1.1. Deneysel Sistem ve Veri Toplama

Deneysel düzenek; lehimleme istasyonunda PWM ile sürülen rezistif bir havya elemanı (ısıtıcı), sıcaklık algılayıcısı olarak kullanılan PT100 direnç termometresi, üniversal analog girişli PID genişleme modülü ve bu modüle seri haberleşme üzerinden bağlanan veri toplama bilgisayarından oluşmaktadır. Sistemin giriş değişkeni, ısıtıcıya uygulanan ve kontrol modülünden geri okunan PWM yüzdesi; çıkış değişkeni ise PT100 üzerinden ölçülen sıcaklıktır. Bu yapı, ısıtma gücü ile sıcaklık arasındaki doğrusal olmayan ve zaman bağımlı ilişkinin farklı çalışma noktalarında deneysel olarak gözlenmesine olanak sağlamaktadır. Lehimleme istasyonu ile veri toplama düzeneğinin genel görünümü Şekil 1'de sunulmuştur.

Şekil 1. Lehimleme istasyonu ve veri toplama deney düzeneği.

Sıcaklık ölçümü ve temel denetim işlevleri, EMKO Elektronik IPERTU SMR1P1 serisi üniversal analog girişli PID genişleme modülü üzerinden gerçekleştirilmiştir. Üretici teknik dokümanında PT100 girişi için -200 ile 650 °C ölçüm aralığı, 0,1 °C gösterim çözünürlüğü ve analog-sayısal dönüştürücü için 15 bit çözünürlük belirtilmektedir (EMKO Elektronik, 2024). Deneylerde giriş türü PT100 karşılığı olan 11 değerine, cihaz içi ortalama örnek sayısı ise 4 değerine ayarlanmıştır.

Modül ile veri toplama bilgisayarı arasındaki haberleşme RS-485 tabanlı Modbus RTU (Remote Terminal Unit) protokolü üzerinden sağlanmıştır. Veri toplama yazılımı; anlık ve ortalanmış sıcaklık değerlerini, çalışma ve hata durumlarını, denetim kipini, set değerini, PWM geri okumasını ve deney fazı etiketlerini yaklaşık 100 ms sorgulama periyoduyla kaydetmiştir. Ardışık ham haberleşme satırlarının bağımsız fiziksel örnekler olarak yorumlanmasını önlemek amacıyla bu kayıtlar doğrudan model örneği olarak kullanılmamış; Bölüm 2.1.3'te açıklanan nedensel bir saniyelik geçişlere dönüştürülmüştür. Deneylerde kapalı çevrim PID, manuel oransal çıkış, PWM basamakları ve APRBS uyarımları kullanılmış; model girdisinin oluşturulmasında yazılımsal komut yerine cihaz tarafından raporlanan PWM geri okuması esas alınmıştır.

2.1.2. Oturum Bazlı Veri Kümeleri

Deneyler, kararlı durum beklemelerini, set değeri değişimlerini, doğrudan PWM basamaklarını ve APRBS uyarım fazlarını içeren bağımsız fiziksel oturumlar biçiminde yürütülmüştür. Kapalı çevrim ve doğrudan uyarım kayıtları, ayrı denetim yöntemlerini karşılaştırmak için değil; ısınma, soğuma ve denge çevresindeki davranışları farklı sıcaklık ve güç düzeylerinde temsil etmek amacıyla aynı sistem tanılama veri kümesinde birleştirilmiştir. Ölçekleme parametreleri, yardımcı kestirimler ve model katsayıları yalnızca geliştirme oturumlarından belirlenmiştir. Doğrulama oturumları aday rezervuar yapıları ile hiperparametrelerin seçilmesinde kullanılmış; ayrılmış test ve yüksek sıcaklık testi oturumları nihai otomatik model seçimi skoruna dâhil edilmemiştir. Oturum ve örnek sayıları, her yörüngenin başlangıç geçişlerinin dışlanmasından (washout) sonra kalan etkin örneklerle birlikte Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Veri rollerinin oturum bazlı ve ön işleme sonrası özeti.

Veri rolü	Fiziksel oturum	Yörünge	Geçerli ham kayıt	1 s örnek	Washout sonrası etkin örnek
Geliştirme	4	11	250.860	25.101	24.408
Doğrulama	2	6	81.721	8.178	7.800
Ayrılmış test	3	3	53.854	5.390	5.201
Yüksek sıcaklık testi	1	1	40.252	4.029	3.966

Geliştirme kümesi, 4 fiziksel oturumdan türetilen 11 kesintisiz yörüngeyi; doğrulama kümesi ise 2 fiziksel oturumdan türetilen 6 yörüngeyi içermektedir. Ayrılmış test kümesinde 3, yüksek sıcaklık testi kümesinde 1 ayrı fiziksel oturum bulunmaktadır. Nedensel bir saniyelik yörüngelerin toplam süreleri geliştirme, doğrulama, ayrılmış test ve yüksek sıcaklık testi rolleri için sırasıyla yaklaşık 418,4; 136,3; 89,8 ve 67,2 dakikadır. Aynı rollerin sıcaklık kapsamları sırasıyla 149,0–250,6 °C, 153,1–250,5 °C, 187,6–251,0 °C ve 190,9–252,4 °C'dir. Dört rol

birlikte değerlendirildiğinde gözlenen minimum–maksimum PWM aralığı %0–%100'dür; bu değer, örneklerin bütün PWM aralığına dengeli dağıldığı anlamına gelmemektedir.

Geliştirme, doğrulama ve ayrılmış test rolleri arasında fiziksel oturum çakışmasına izin verilmemiştir. Karma etiketler içeren eski bir oturumdan yalnızca geliştirme amacıyla tanımlanmış kesintisiz bloklar alınmış; aynı oturumun diğer etiketlere ait bölümleri bütün değerlendirme rollerinden dışlanmıştır. Böylece nihai modelleme akışında ölçekleme, eğitim ve model seçimi aşamalarında değerlendirme oturumlarından veri sızıntısı oluşması önlenmiştir. Doğrulama rolündeki yüksek sıcaklık kayıtları, geliştirme oturumlarından ayrı bir sıcak başlangıçlı deneyden elde edilmiştir. Yüksek sıcaklık testi ise ayrı bir fiziksel oturum üzerinden yürütülmüştür.

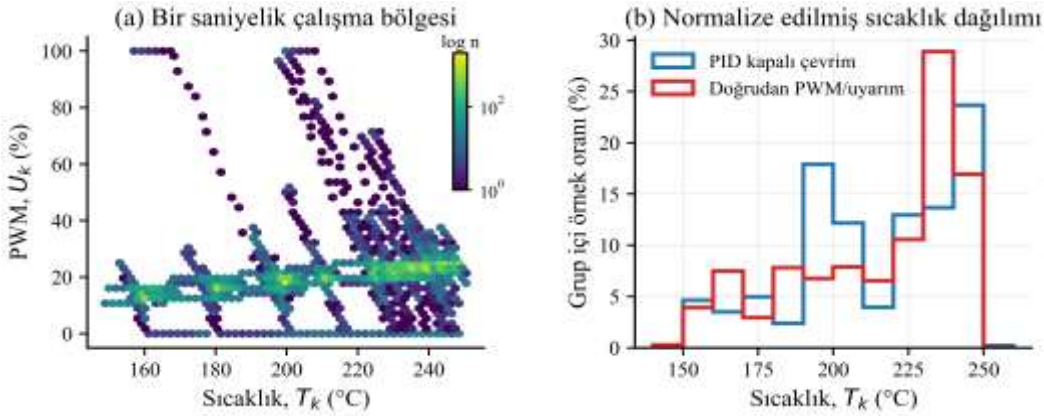
2.1.3. Veri Kalitesi ve Nedensel Bir Saniyelik Yeniden Örnekleme

Ham kayıtların kalite denetiminde haberleşme durumu, çalışma biti, analog giriş hata sözcüğü, kontrol hata sözcüğü ve sayısal alanların geçerliliği birlikte değerlendirilmiştir. Haberleşmenin başarılı, çalışma bitinin etkin ve hata sözcüklerinin sıfır olduğu; geçen süre, sıcaklık ve PWM değerlerinin sonlu kaldığı satırlar geçerli kabul edilmiştir. PWM geri okuması %0–%100 fiziksel aralığıyla sınırlandırılmış, dışlama etiketi diğer veri rolü etiketlerinden öncelikli uygulanmıştır. Rol değişiminde, geçersiz kayıtta veya ardışık zaman damgaları arasında iki saniyeden büyük boşluk oluştuğunda yeni bir kesintisiz blok başlatılmıştır.

Her kesintisiz blok geçen süre bilgisine göre bir saniyelik kutulara ayrılmış ve bir kutunun kullanılabilmesi için en az beş geçerli ham kayıt koşulu uygulanmıştır. Sıcaklık uç noktası, kutunun sonuna en yakın en fazla üç anlık PT100 kaydının medyanıyla; ilgili fiziksel aralıkta uygulanan giriş ise PWM geri okumalarının medyanıyla belirlenmiştir. Eksik bir saniyelik kutu algılandığında yalnızca en uzun ardışık bölüm korunmuştur. Böylece k anında erişilebilir sıcaklık ve PWM geçmişi, k ile k+1 sınırları arasında gerçekten uygulanmış PWM geri okuması ve bu aralığın sonunda gözlenen sıcaklık değişimi nedensel olarak hizalanmıştır. Matematiksel tahmin sözleşmesi Bölüm 2.2.1’de tanımlanmıştır.

Yeniden örnekleme sonunda geliştirme, doğrulama, ayrılmış test ve yüksek sıcaklık testi rollerinde sırasıyla 25.101, 8.178, 5.390 ve 4.029 bir saniyelik yörünge örneği elde edilmiştir. İki gecikmeli sıcaklık ve PWM değerinin oluşturulmasından sonra kullanılabilir özellik satırı sayıları sırasıyla 25.068, 8.160, 5.381 ve 4.026 olmuştur. Başlangıç geçişlerinin dışlanması kapsamında her yörüngenin ilk 60 saniyesi ayrı ayrı çıkarılmış ve Tablo 1'de verilen etkin örnek sayıları elde edilmiştir. Burada bir saniyelik yörünge örneği, ham haberleşme kaydından ve

fiziksel oturum sayısından farklı bir analiz birimini ifade etmektedir. Geliştirme kümesinin çalışma bölgesi Şekil 2'de gösterilmiştir.

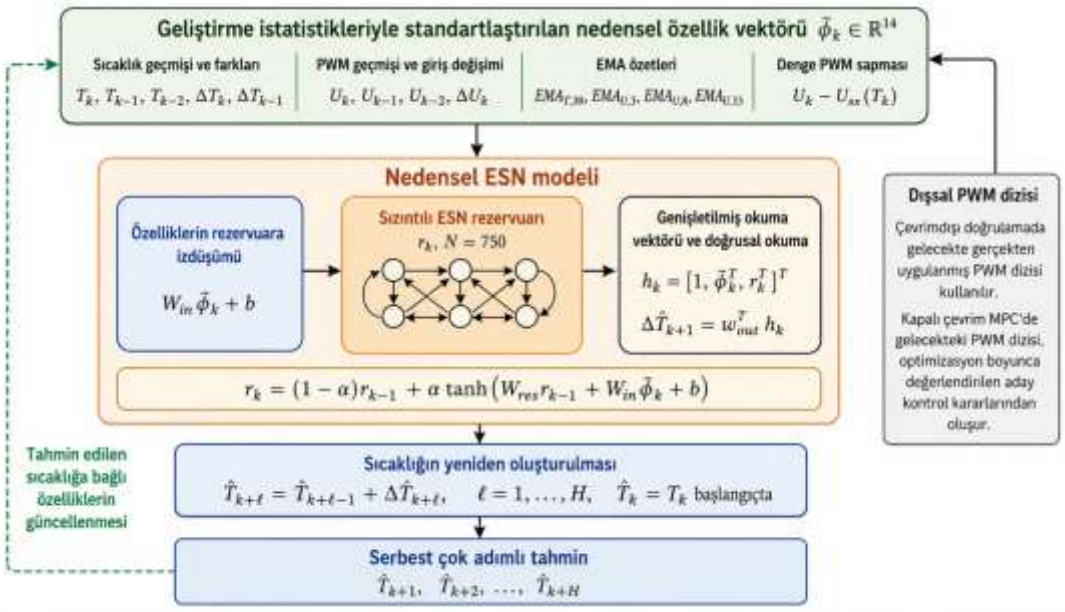


Şekil 2. Geliştirme kümesinin (a) sıcaklık–PWM çalışma bölgesi ve (b) uyarım biçimine göre normalize edilmiş sıcaklık dağılımı.

Şekil 2(a), geliştirme kümesindeki kalite denetiminden geçmiş bir saniyelik örneklerin sıcaklık–PWM çalışma bölgesini; Şekil 2(b) ise PID ve doğrudan uyarım gruplarının kendi örnek sayılarıyla normalize edilmiş sıcaklık dağılımlarını göstermektedir. Doğrudan uyarım kayıtları farklı PWM düzeylerindeki geçici rejimlerin kapsamını genişletirken PID kayıtları özellikle yüksek sıcaklık ve denge çevresindeki davranışı yoğun biçimde temsil etmektedir. Bu tamamlayıcı kapsam, modelin hem ısınma ve soğuma geçişlerini hem de çalışma noktası çevresindeki küçük sıcaklık değişimlerini öğrenebilmesi açısından önemlidir. Grup içi normalizasyon sayesinde bu karşılaştırma, ham haberleşme sıklığı veya grupların farklı toplam sürelerinden bağımsızdır.

2.2. Önerilen Modelleme ve Doğrulama Yöntemi

Önerilen yöntem; bir saniyelik nedensel yörüngelerden özellik vektörlerinin oluşturulması, ölçekleme ve yardımcı denge girdisi kestirimlerinin yalnız geliştirme oturumlarından elde edilmesi, ESN okuma katmanının eğitilmesi, aday rezervuar ailelerinin doğrulama oturumlarında çok adımlı başarıma göre seçilmesi ve dondurulan modelin ayrılmış test ile yüksek sıcaklık testi oturumlarında değerlendirilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Bu yapı, ESN hiperparametrelerinin tek bir başlangıç tohumu veya tek adımlı hata üzerinden seçilmesinin oluşturabileceği iyimserliği azaltmayı amaçlamaktadır (Lukoševičius, 2012; Racca ve Magri, 2021; Schwedersky vd., 2022; Ushikoshi ve Aguirre, 2023; Viehweg vd., 2023). Çoklu zaman ölçeğindeki termal ve eyleyici bellek, üstel hareketli ortalama (EMA) özellikleriyle temsil edilmiştir. Kullanılan nedensel ESN tahmin yapısı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Geliştirme istatistikleriyle standartlaştırılan 14 elemanlı nedensel özellik vektöründen sıcaklık değişimini kestiren ESN yapısı ve çevrimdışı serbest çok adımlı tahminde kullanılan özyinelemeli geri besleme.

2.2.1. Problem Tanımı ve Nedensel Tahmin Sözleşmesi

Modelleme problemi, ardışık bir saniyelik sınırlar arasındaki sıcaklık değişiminin kestirilmesi biçiminde tanımlanmıştır. T(k), k anındaki sıcaklık uç noktasını; U(k) ise k ile k+1 sınırları arasındaki fiziksel zaman aralığında cihazdan geri okunan PWM değerini göstermektedir. Böylece giriş, etkisini oluşturduğu fiziksel aralıkla; hedef ise bu aralığın sonundaki sıcaklık değişimiyle eşleştirilmiştir. Modelin doğrudan hedefi ve bir sonraki sıcaklığın yeniden oluşturulması Denklem (1)'de verilmiştir.

$$\Delta T_{k+1} = T_{k+1} - T_k, \hat{T}_{k+1} = T_k + \Delta\hat{T}_{k+1}. \quad (1)$$

Burada $\Delta T_{k+1} = T_{k+1} - T_k$ ölçülen bir adımlık sıcaklık değişimini, $\Delta\hat{T}_{k+1}$ model tarafından kestirilen değişimi, T_k geçiş başlangıcındaki ölçülen sıcaklığı ve $\hat{T}_{k+1}$ yeniden oluşturulan bir sonraki sıcaklık tahminini göstermektedir. Burada $\hat{T}$, ölçülen sıcaklıktan farklı olarak model tarafından kestirilen sıcaklığı ifade etmektedir. Gelecekteki gerçek sıcaklık bilgisi model özelliklerine dâhil edilmemiştir. U_k olarak yazılımsal komut yerine ilgili aralıkta ölçülen PWM geri okuması kullanılmıştır. Eğitim hedefi olan sıcaklık değişimi, tekil sayısal aykırılıkların okuma katmanını bozmasını önlemek amacıyla [−8, 8] °C aralığında sınırlandırılmıştır. Bu sınır fiziksel bir sistem varsayımı değil, bir saniyelik hedef üzerinde uygulanan sayısal korumadır.

2.2.2. Özellik Vektörü ve Geliştirme Verisine Dayalı Ön İşleme

Burada verilen 14 elemanlı özellik vektörü; anlık ve gecikmeli sıcaklıklar, yerel sıcaklık eğimi, uygulanan PWM geçmişi, farklı zaman ölçeklerindeki üstel hareketli ortalamalar ve çalışma

noktasına göre giriş sapmasından oluşturulmuştur. Özellik sırası, eğitim ve serbest tahmin sırasında değişmeden korunmuştur.

$$\phi_k = \left[T_k, T_{k-1}, T_{k-2}, \Delta T_k, \Delta T_{k-1}, U_k, U_{k-1}, U_{k-2}, \Delta U_k, T_k^{30}, U_k^3, U_k^8, U_k^{15}, U_k - U_{ss}(T_k)\right]^T. \quad (2)$$

Burada, ϕ_k, modele uygulanan 14 elemanlı nedensel özellik vektörünü; üst simge T transpoz işlemini göstermektedir. $T_k, T_{k-1} ve T_{k-2}$ ölçülen sıcaklık örneklerini; $\Delta T_k ve \Delta T_{k-1}$ ardışık sıcaklık farklarını; $U_k, U_{k-1} ve U_{k-2}$ uygulanmış PWM geri okumalarını; ΔU_k giriş değişimini; $\overline{T}_k^{30} ile \overline{U}_k^3, \overline{U}_k^8 ve \overline{U}_k^{15}$ ilgili sinyallerin belirtilen zaman sabitlerindeki üstel hareketli ortalamalarını; $U_{ss}(T_k)$ ise çalışma noktası için yardımcı denge PWM kestirimini ifade etmektedir. Fark özellikleri $\Delta T_k = T_k - T_{k-1}$ ve $\Delta U_k = U_k - U_{k-1}$ olarak tanımlanmıştır. Üstel hareketli ortalamalar Denklem (3) ile güncellenmiştir; sıcaklık için 30 s, PWM için 3, 8 ve 15 s zaman sabitleri kullanılmıştır.

$$x_k^\tau = (1 - \gamma_\tau) x_{k-1}^\tau + \gamma_\tau x_k, \gamma_\tau = 1 - exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau}\right), \Delta t = 1s. \quad (3)$$

Burada x_k anlık sıcaklık veya PWM örneğini; $\overline{x}_k^\tau$ zaman sabiti τ olan hareketli ortalama durumunu; $\gamma(\tau)$ yeni örneğe verilen yumuşatma katsayısını; Δt model örnekleme süresini göstermektedir. Bu çalışmada $\Delta t = 1$ s kullanılmış ve her yörüngede başlangıç koşulu $\overline{x}_0^\tau = x_0$ olarak alınmıştır. Özellik grupları Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Nedensel özellik grupları ve temsil ettikleri bilgiler.

Özellik grubu	**Özellikler**	**Temsil edilen bilgi**
Isıl durum	$T_k, T_{k-1}, T_{k-2}, \Delta T_k, \Delta T_{k-1}$	Sıcaklık seviyesi ve kısa süreli ısıl eğilim
Eyleyici geçmişi	$U_k, U_{k-1}, U_{k-2}, \Delta U_k$	Uygulanan güç ve girişteki değişim
Çoklu zaman ölçeği	$\overline{T}_k^{30}; \overline{U}_k^3, \overline{U}_k^8, \overline{U}_k^{15}$	Birikimli termal ve eyleyici hafıza
Denge sapması	$U_k - U_{ss}(T_k)$	Mevcut çalışma noktasına göre bağıl güç farkı

Denge girdisi Uss(T), yalnız geliştirme oturumlarındaki yaklaşık durağan örneklerden doğrusal en küçük kareler yöntemiyle kestirilmiştir. Yaklaşık durağan örnekler 145–255 °C sıcaklık, %5–%35 PWM ve |ΔT|≤0,08 °C/s koşullarıyla belirlenmiştir. Geliştirme verisinden elde edilen yardımcı model Denklem (4)'te verilmiştir. Bu ifade sistemin kesin statik fizik modeli olarak değil, mevcut sıcaklık bölgesine göre girişin bağıl konumunu temsil eden bir özellik olarak kullanılmıştır.

$$U_{ss}(T) = clip_{[0,35]}(0{,}127893T - 6{,}957721). \quad (4)$$

Burada $U_{ss}(T)$, T sıcaklığında kestirilen yardımcı denge PWM değerini yüzde cinsinden; T sıcaklığı; $clip_{[0,35]}(\cdot)$ işleci ise parantez içindeki doğrusal kestirimi %0–%35 aralığına

kırpmayı göstermektedir. 0,127893 katsayısının birimi %/°C, −6,957721 teriminin birimi ise yüzde puandır.

Özellikler, yalnız geliştirme kümesinden hesaplanan ortalama ve standart sapma kullanılarak Denklem (5)'te verildiği biçimde standartlaştırılmıştır. Standart sapması 10^{-9} değerinden küçük özelliklerde ölçek 1 kabul edilmiştir. Aynı dönüşüm doğrulama, ayrılmış test ve yüksek sıcaklık testi kümelerine yeniden kestirim yapılmadan uygulanmıştır.

$$\tilde{\phi}_{k,j} = \frac{\phi_{k,j} - \mu_j^{dev}}{\sigma_j^{dev}}. \quad (5)$$

Burada j özellik bileşeni indeksini; $\phi_{k,j}$ ham özelliği; $\tilde{\phi}_{k,j}$ standartlaştırılmış özelliği; μ_j^{dev} ve σ_j^{dev} yalnız geliştirme kümesinden hesaplanan özellik ortalaması ile standart sapmasını göstermektedir. Üst simge dev söz konusu istatistiğin geliştirme verisine ait olduğunu belirtmektedir.

Çalışma modu, set değeri, deney fazı ve veri rolü alanları veri kalite denetimi ile oturumların sınıflandırılmasında kullanılmıştır. Bu alanlar tahmin özelliklerine dâhil edilmemiştir.

2.2.3. ESN Durum Dinamiği ve Okuma Katmanının Eğitimi

Standartlaştırılmış özellik vektörü, sızıntılı bütünleştirici yapıya sahip bir rezervuara uygulanmıştır. Rezervuar bağlantıları ve giriş ağırlıkları başlangıç tohumu ile bir kez oluşturulmuş ve eğitim sırasında güncellenmemiştir. Rezervuar durumu Denklem (6) ile ilerletilmiştir.

$$r_k = (1-\alpha)r_{k-1} + \alpha tanh\big(W_{res}r_{k-1} + W_{in}\tilde{\phi}_k + b\big). \quad (6)$$

Burada, $r_k ver_{k-1}$ sırasıyla güncel ve önceki rezervuar durumlarını; N rezervuar nöronu sayısını; α sızıntı oranını; $tanh(\cdot)$ eleman bazlı hiperbolik tanjant işlevini; W_{res} tekrarlayan rezervuar bağlantı matrisini; W giriş ağırlıkları matrisini; $\tilde{\phi}_k$ standartlaştırılmış özellik vektörünü ve b rezervuar yanlılık vektörünü göstermektedir. Rezervuar matrisi, seçilen bağlantı yoğunluğunda rastgele oluşturulmuş ve güç yinelemesiyle kestirilen spektral yarıçapa göre ölçeklenmiştir. Kodda sparsity olarak adlandırılan değer, sıfırdan farklı bağlantı olasılığıdır; bu nedenle bildiride bağlantı yoğunluğu olarak ifade edilmiştir. Sayısal taşmayı sınırlamak amacıyla rezervuar durumları [−5, 5] aralığında tutulmuştur.

Denklem (7)'de verilen bir saniyelik sıcaklık değişimi; sabit terim, standartlaştırılmış özellikler ve rezervuar durumundan oluşan genişletilmiş vektör üzerinden doğrusal okuma katmanıyla kestirilmiştir.

$$h_k = \left[1, \tilde{\phi}_k^T, r_k^T\right]^T, \Delta\hat{T}_{k+1} = w_{out}^T h_k. \quad (7)$$

Burada, h_k sabit yanlılık bileşeni 1, $\tilde{\phi}_k$ ve r_k bileşenlerinin ardışık olarak birleştirilmesiyle oluşturulan genişletilmiş okuma vektörünü; w_{out} eğitilen doğrusal okuma ağırlıklarını; $\Delta\hat{T}_{k+1}$ ise kestirilen bir saniyelik sıcaklık değişimini göstermektedir. Üst simge T transpoz işlemini belirtmektedir.

Serbest tahmin sırasında okuma katmanı çıktısı da eğitim hedefiyle aynı sayısal koruma kapsamında [−8, 8] °C aralığında sınırlandırılmıştır.

Yalnız okuma ağırlıkları eğitilmiştir. Geliştirme oturumlarındaki bütün yörüngeler için rezervuar sıfır durumundan başlatılmış, her yörüngenin ilk 60 saniyesi başlangıç durumuna duyarlılığı azaltmak amacıyla eğitim hedefinden çıkarılmıştır. Fiziksel olarak ardışık olmayan yörüngeler birbirine eklenmemiştir. Okuma ağırlıkları, sıcaklık bölgelerinin veri yoğunluğu farkını dengeleyen örnek ağırlıklarıyla ridge regresyon kullanılarak Denklem (8) üzerinden kestirilmiştir.

$$w_{out}^{\star} = \underset{w}{argmin}\left(\sum_{k\in D_{dev}} \omega_k \left(\Delta T_{k+1} - w^T h_k\right)^2 + \lambda\|\Gamma w\|_2^2\right). \quad (8)$$

Burada, w aday okuma ağırlığı vektörünü; $w_{out}^{\star}$ amaç fonksiyonunu en küçükleyen optimum ağırlıkları; D_{dev} washout sonrasında kalan geliştirme örneklerinin indeks kümesini; h_k genişletilmiş okuma vektörünü; ω_k bölgesel örnek ağırlığını; λ ridge düzenlileştirme katsayısını ve Γ düzenlileştirme matrisini göstermektedir. $argmin$ işleci amaç fonksiyonunun en küçükleyicisini, $\|\cdot\|_2$ Öklid normunu ifade etmektedir. Γ matrisinin sabit terime karşılık gelen ilk köşegen elemanı sıfır seçildiğinden yanlılık katsayısı düzenlileştirilmemiştir. Başlangıç sıcaklığına göre kullanılan altı bölge <170, 170–190, 190–215, 215–235, 235–247 ve ≥247 °C olarak tanımlanmış; hedef ağırlık payları sırasıyla 0,10; 0,16; 0,22; 0,18; 0,18 ve 0,16 olarak belirlenmiştir. Bu paylar veri kümesinin gerçek yüzde dağılımını değil, eğitimdeki bölgesel dengeleme ağırlıklarını ifade etmektedir. p_b/n_b oranında ağırlık atandıktan sonra bütün örnek ağırlıkları, ortalamaları bir olacak biçimde normalize edilmiştir.

2.2.4. Aşamalı ve Çok Tohumlu Model Seçimi

ESN başarımının rezervuar hiperparametreleri ve rastgele başlangıç tohumu tarafından belirgin biçimde etkilenebilmesi nedeniyle (Lukoševičius, 2012; Racca ve Magri, 2021; Ushikoshi ve Aguirre, 2023), model seçimi tek bir adayın en düşük hatasına indirgenmemiştir. Aday rezervuarlar yalnız geliştirme kümesinde eğitilmiş, seçim ölçütleri yalnız doğrulama oturumlarında hesaplanmış ve ayrılmış test ile yüksek sıcaklık testi verileri nihai otomatik model seçimi skoruna dâhil edilmemiştir.

Arama üç aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada 200 rezervuar yapısı üç başlangıç tohumu ve beş ridge katsayısıyla, yörünge başına 10 serbest tahmin başlangıcında taranmış ve en iyi 32

yapı ikinci aşamaya aktarılmıştır. İkinci aşamada beş tohum, altı ridge katsayısı ve yörünge başına 18 başlangıç kullanılmış; en iyi sekiz yapı–ridge çifti son aşamaya geçirilmiştir. Son aşamada bu aileler 12 başlangıç tohumu ve yörünge başına 32 başlangıçla değerlendirilmiştir. Nihai dondurulmuş model, geliştirme ve doğrulama için yörünge başına 44; ayrılmış test ve yüksek sıcaklık testi için 88 başlangıçla yeniden raporlanmıştır.

Her yapı–ridge ailesi, tohumlar üzerindeki medyan, en kötü ve standart sapma değerlerini birlikte kullanan Denklem (9) ile sıralanmıştır. Böylece yalnızca tesadüfen iyi sonuç veren bir rezervuarın seçilmesi engellenmiştir.

$$J_{group} = median_s J_s + 0{,}35 \max_s J_s + 0{,}20 std_s J_s. \quad (9)$$

Burada s rezervuar başlangıç tohumu indeksini; J_s ilgili tohumun doğrulama skorunu; J_{group} aileyi sıralamak için kullanılan birleşik sağlamlık skorunu göstermektedir. $median$, max ve std işleçleri tohumlar üzerindeki medyanı, en kötü değeri ve standart sapmayı; 0,35 ve 0,20 katsayıları ise en kötü tohum ile tohumlar arası değişkenliğe verilen sabit ceza ağırlıklarını ifade etmektedir.

En kötü tohum skoru önceden tanımlanan sağlamlık sınırını karşılayan aileler önceliklendirilmiştir. Rezervuar büyüklüğü hesaplama bütçesiyle ilişkili ayrı bir tasarım kararı olarak değerlendirilmiş; bunun dışındaki seçili hiperparametrelerin tarama alanının alt veya üst sınırında bulunmaması tercih edilmiştir. Aile içindeki nihai temsilci tohum, en düşük skorlu şanslı aday yerine aile medyanına en yakın doğrulama skoruna göre seçilmiştir. Seçilen ailede en düşük doğrulama skoru 29 numaralı tohumda gözlenmiş, dışa aktarılan temsilci model ise medyana en yakın davranışı veren 353 numaralı tohumla kurulmuştur. Arama alanı ve seçilen değerler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Hiperparametre arama alanı ve seçilen ESN yapılandırması.

Parametre	Arama alanı	Seçilen değer
Rezervuar büyüklüğü, N	300, 450, 600, 750	750
Spektral yarıçap, ρ	0,30; 0,40; 0,50; 0,55; 0,65; 0,75	0,40
Sızıntı oranı, α	0,12; 0,15; 0,20; 0,28	0,20
Giriş ölçeği	0,015; 0,025; 0,035; 0,050; 0,080; 0,120	0,035
Bağlantı yoğunluğu	0,08; 0,12; 0,16; 0,20; 0,28; 0,32	0,20
Ridge katsayısı, λ	10^{-4}; 3×10^{-4}; 10^{-3}; 3×10^{-3}; 10^{-2}; 3×10^{-2}	10^{-3}
Başlangıç tohumu	12 tohumlu sağlamlık aşaması	353
Washout	Sabit yöntem ayarı	60 s

2.2.5. Serbest Çok Adımlı Tahmin Protokolü

Serbest çok adımlı tahmin, Denklem (10)'da gösterildiği üzere, bir sonraki sıcaklığın her adımda gerçek ölçümle düzeltilmediği bir serbest çıkış simülasyonu biçiminde gerçekleştirilmiştir. Her tahmin başlangıcında gözlenen geçmiş kullanılarak sıcaklık

gecikmeleri, EMA durumları ve rezervuar durumu hazırlanmıştır. İlk adımdan sonra sıcaklığa bağlı özellikler modelin kendi tahminleriyle güncellenmiş; gelecekteki gerçek sıcaklık modele verilmemiştir.

$$\hat{T}_{k+\ell} = \hat{T}_{k+\ell-1} + \Delta\hat{T}_{k+\ell}, \ell = 1, \dots, H, \hat{T}_k = T_k. \quad (10)$$

Burada k serbest tahmin başlangıç indeksini; ℓ tahmin adımını; H toplam tahmin ufkunu; $\hat{T}_{k+\ell}$ özyinelemeli sıcaklık tahminini ve $\Delta\hat{T}_{k+\ell}$ ESN tarafından kestirilen sıcaklık artımını göstermektedir. Başlangıç koşulu $\hat{T}_k = T_k$ ile model, serbest tahmin başlangıcındaki son ölçülen sıcaklığa bağlanmaktadır.

Değerlendirme sırasında gelecekte gerçekten uygulanmış PWM dizisi, bilinen dışsal giriş olarak kullanılmıştır. Buna karşılık T gecikmeleri, ΔT terimleri ve sıcaklık EMA durumu yalnız model tahminlerinden ilerletilmiştir. Bu yaklaşım, bilinen giriş altında serbest çıkış simülasyonuna karşılık gelmektedir. Bu değerlendirme, ölçülmüş giriş dizisi altında gerçekleştirilen çevrimdışı serbest çıkış doğrulamasıdır; kapalı çevrim model öngörülü kontrol (MPC) uygulamasında gelecekteki giriş dizisi önceden bilinmeyecek ve denetleyicinin ardışık karar değişkenlerinden oluşacaktır. Tahmin ufukları H∈{10, 20, 40, 60, 120, 180} s olarak seçilmiştir; bu ufuklar tek adımlı doğruluk ile uzun süreli hata birikimini birlikte değerlendirmektedir (Schwedersky vd., 2022; Viehweg vd., 2023; Williams vd., 2026).

Tahmin başlangıçları, 60 s washout sonrasından ve 180 s ufkun yörünge içinde tamamlanabildiği noktalardan beş saniyelik aday aralıkla oluşturulmuştur. Başlangıç sayısı sınırlandığında, kısa süreli fakat güvenlik açısından önemli üst sıcaklık bölgelerinin kaybolmaması için her mevcut sıcaklık bölgesinden en az bir deterministik başlangıç ayrılmış, kalan başlangıçlar yörünge geneline eşit aralıkla dağıtılmıştır.

Son değeri koruma yaklaşımı, Denklem (11)'de verildiği üzere, sıcaklığın ufuk boyunca değişmediğini varsayan temel karşılaştırma olarak kullanılmıştır.

$$\hat{T}_{k+\ell}^{pers} = T_k, \ell = 1, \dots, H. \quad (11)$$

Burada $pers$ üst simgesi son değeri koruma temel modelini; $\hat{T}_{k+\ell}^{pers}$ temel model çıktısını; T_k serbest tahmin başlangıcındaki son ölçülen sıcaklığı ve H toplam tahmin ufkunu göstermektedir.

2.2.6. Değerlendirme Ölçütleri ve Fiziksel Tutarlılık Sınamaları

Çok adımlı hata $e_{i,H} = T_{i,H} - \hat{T}_{i,H}$ olarak tanımlanmıştır. Birincil doğruluk ölçütleri ve hata kareleri ortalamasının karekökü (RMSE) Denklem (12)'de verilmiştir. Yüksek sıcaklık güvenilirliğini görünür kılmak amacıyla gerçek sıcaklığın model tahmininden yüksek olduğu

yöndeki hata ayrıca değerlendirilmiş; modelin son değeri koruma yaklaşımına göre kazancı beceri skoruyla ifade edilmiştir.

$$\begin{aligned} MAE_H &= \frac{1}{N_H}\sum_{i=1}^{N_H}\left|e_{i,H}\right|, \\ q_{95,H} &= Q_{0,95}\left(\left\{\left|e_{i,H}\right|\right\}_{i=1}^{N_H}\right), \\ u_{95,H} &= Q_{0,95}\left(\left\{max(0,e_{i,H})\right\}_{i=1}^{N_H}\right), \\ Skill_H &= 1-\frac{MAE_{H,model}}{MAE_{H,pers}}, \\ RMSE_H &= \sqrt{\frac{1}{N_H}\sum_{i=1}^{N_H}e_{i,H}^2}. \end{aligned} \tag{12}$$

Burada i geçerli tahmin noktalarını, N_H toplam nokta sayısını ve $e_{i,H}$ işaretli tahmin hatasını göstermektedir. $Q_{0,95}(\cdot)$ örnek yüzde 95 kuantilidir. MAE_H ortalama mutlak hatayı; $q_{95,H}$ mutlak hata kuantilini; $u_{95,H}$ gerçek sıcaklığın tahminden yüksek kaldığı yöndeki kuantili; $Skill_H$ bağıl beceri skorunu ve $RMSE_H$ hata kareleri ortalamasının karekökünü göstermektedir. $MAE_{H,model}$ incelenen modelin, $MAE_{H,pers}$ ise son değeri koruma temel modelinin hatasıdır. Beceri skorunun pozitif olması modelin son değeri koruma yaklaşımından daha düşük MAE ürettiğini, negatif olması ise daha kötü kaldığını göstermektedir. Tahminin sonlu olmaması veya -50 °C ile 700 °C aralığının dışına çıkması sayısal sapma olarak kabul edilmiş ve sapma oranı toplam serbest tahmin sayısına göre hesaplanmıştır. Bu geniş eşikler, normal fiziksel çalışma sınırları değil, açık sayısal bozulmayı belirleyen tanılama sınırlarıdır.

Model seçiminde tek bir ufkun MAE değeri kullanılmamıştır. Doğrulama skoru; altı tahmin ufkundaki MAE, mutlak hata q95, düşük tahmin q95, negatif beceri skoru, bölgesel cezalar ve sapma oranını birleştiren Denklem (13) ile hesaplanmıştır.

$$J_{val} = \sum_{H\in H}\left[w_H MAE_H + 0{,}03q_{95,H} + 0{,}035u_{95,H} + 0{,}10max(0,-Skill_H)\right] + J_{region} + 3r_{div}. \tag{13}$$

Burada J_{val} toplam doğrulama skorunu; H tahmin ufkunu; $\mathcal{H}$ ufuk kümesini; w_H ilgili ufuk ağırlığını; $q_{95,H}$ ve $u_{95,H}$ Denklem (12) ile tanımlanan kuantilleri; $max(0,-Skill_H)$ yalnız negatif beceriyi cezalandıran terimi; r sayısal sapma oranını ve J_{region} sıcaklık bölgesi temelli ek cezayı göstermektedir. Bölgesel eşikler Tablo 4'te verilmiştir. Ufuk ağırlıkları 10, 20, 40, 60, 120 ve 180 s için sırasıyla 0,07; 0,10; 0,14; 0,18; 0,23 ve 0,28 olarak belirlenmiştir; kuantil, düşük tahmin, negatif beceri ve sapma terimlerinin katsayıları sırasıyla 0,03; 0,035; 0,10 ve 3,0'dır.

Denklem (9) ve Denklem (13)'teki katsayılar fiziksel parametreleri temsil etmemekte; aday modelleri doğruluk, hata kuyruğu, tohumlar arası sağlamlık ve sayısal kararlılık bakımından ortak bir ölçekte sıralamak amacıyla kullanılan çalışmaya özgü sezgisel ağırlıklardır. Doğrulama skorunda kullanılan sıcaklık bölgesi temelli ceza eşikleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Doğrulama skorundaki sıcaklık bölgesi temelli ceza eşikleri.

Sıcaklık bölgesi	Kapsam	MAE eşiği (°C)	q95 eşiği (°C)	Düşük tahmin yönündeki q95 eşiği (°C)	Ceza katsayıları (MAE/q95/u95)
235 ≤ T_0 < 247 °C	180 s yörünge noktaları	0,70	2,00	1,25	0,80 / 0,20 / 0,55
235 ≤ T_0 < 247 °C	60 s	—	1,50	1,25	— / 0,40 / 0,40
235 ≤ T_0 < 247 °C	120 s	—	2,50	2,00	— / 0,25 / 0,25
T_0 ≥ 247 °C	60 s	—	1,25	0,75	— / 0,90 / 0,90
T_0 ≥ 247 °C	120 s	—	2,25	1,50	— / 0,55 / 0,55

Tablo 4'teki her ceza, ilgili ölçütün yalnızca eşik üzerindeki pozitif aşımına uygulanmıştır. Başlangıç sıcaklığı 235≤T_0<247 °C olan serbest tahmin yörüngelerinin en uzun 180 s fiziksel yollarındaki hata noktaları bölgesel ölçütlere bir kez dâhil edilmiş; bu ceza en az 20 nokta bulunması durumunda etkinleştirilmiştir. 60 ve 120 s satırlarında aynı başlangıç sıcaklığına dayalı bölge sınıflandırması korunmuş ve ilgili ufukların yalnız q95 ile düşük tahmin q95 eşik aşımları değerlendirilmiştir. "—" işareti, ilgili ölçütün o satırda uygulanmadığını göstermektedir. Belirli bir ufuk–bölge hücresinde geçerli nokta bulunmaması hâlinde doğrulama skoruna 2,00 eklenmiştir.

Dondurulmuş modelin giriş yönüne ilişkin temel termal beklentiyle tutarlılığı, karşıolgusal PWM monotonluk sınamasıyla incelenmiştir. Aynı eylem öncesi rezervuar durumu ve aynı sıcaklık geçmişinden başlatılan iki kolda, başlangıç PWM değerinin 1 yüzde puan altı ve üstü sabit girişler uygulanmış; girişler %0–%35 aralığında sınırlandırılmıştır. 10, 30 ve 60 s sonundaki yüksek–düşük PWM sıcaklık farkı Denklem (14) ile hesaplanmıştır.

$$D(H) = T_{k+H}^{high} - T_{k+H}^{low}, U^{high} > U^{low}. \quad (14)$$

Burada, $D(H)$ yüksek ve düşük PWM kolları arasındaki tahmin edilen sıcaklık farkını; $\hat{T}_{k+H}^{high}$ ve $\hat{T}_{k+H}^{low}$ aynı başlangıç durumundan sırasıyla U^{high} ve U^{low} sabit girişleriyle elde edilen sıcaklık tahminlerini göstermektedir. $U^{high} > U^{low}$ koşulu iki karşıolgusal PWM düzeyini tanımlamakta; $D(H) \geq 0$ sonucu daha yüksek PWM kolunun daha düşük sıcaklık üretmemesi yönündeki beklenen işareti ifade etmektedir.

Bu sınama, fiziksel yasaların tam olarak öğrenildiğine ilişkin bir kanıt olarak değil, aynı başlangıç durumu altında daha yüksek PWM kolunun anlamlı biçimde daha soğuk bir tahmin üretmemesi yönündeki temel beklentinin denetimi olarak yorumlanmıştır. Önceden tanımlanan kabul koşulları; en az 20 geçerli karşıolgusal çift, -0,10 °C altındaki yön ihlallerinin en fazla

%5 olması ve 60 s yüksek–düşük PWM farkı medyanının en az 0,25 °C olmasıdır. Bu fizik sınaması doğrulama oturumlarında gerçekleştirilmiş; ayrılmış test sonuçları nihai otomatik model seçimine geri beslenmemiştir.

2.3. Deneysel Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde, Bölüm 2.2'de tanımlanan seçim protokolü sonunda dondurulan ve önceden belirlenen kabul kapılarını geçen model değerlendirilmiştir. Model 750 rezervuar birimi içermekte ve temsilci başlangıç tohumu olarak 353 numaralı tohumu kullanmaktadır. Geliştirme ve doğrulama sonuçları eğitim ile model seçiminin davranışını açıklamak amacıyla; ayrılmış test ve yüksek sıcaklık testi sonuçları ise nihai otomatik model seçimi skoruna girmeyen fiziksel oturumlardaki başarımı değerlendirmek amacıyla sunulmuştur. Bu iki test rolünden elde edilen hiçbir bilgi, model katsayılarının, hiperparametrelerin veya başlangıç tohumunun belirlenmesinde kullanılan nihai seçim sürecine geri beslenmemiştir.

Tek adımlı değerlendirmede her örneğin ölçülmüş geçmişi yeniden kullanılmıştır. Serbest çok adımlı değerlendirmede ise gerçek uygulanan PWM dizisi modele giriş olarak verilmiş; sıcaklık kanalı başlangıçtan sonra modelin kendi tahminleriyle ilerletilmiştir. Dolayısıyla çok adımlı sonuçlar, bilinen giriş altında yinelemeli sıcaklık kestirimini göstermekte ve tek adımlı hatadan daha sıkı bir model yeterliliği sınaması oluşturmaktadır.

2.3.1. Dondurulmuş Modelin Tek Adımlı Performansı

Dört veri rolüne ilişkin tek adımlı hata ölçütleri Tablo 5'te verilmiştir.

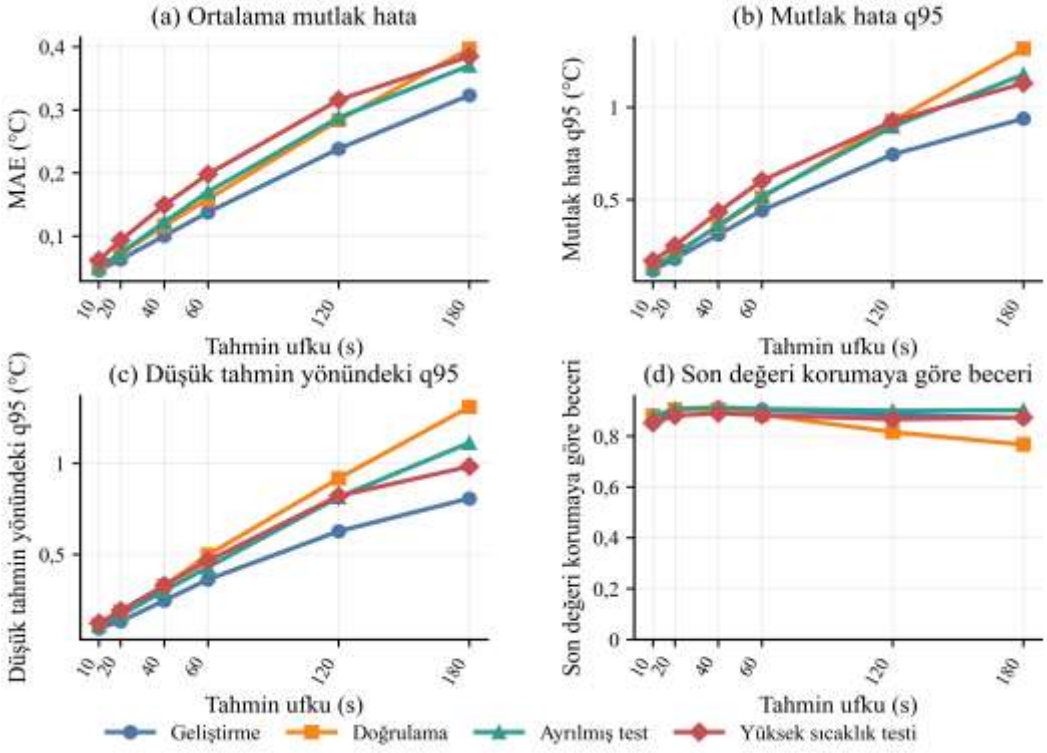
Tablo 5. Dondurulmuş modelin tek adımlı sıcaklık tahmin performansı.

Veri rolü	MAE (°C)	RMSE (°C)	Mutlak hata q95 (°C)	Örnek
Geliştirme	0,0341	0,0447	0,0866	24.408
Doğrulama	0,0362	0,0501	0,0977	7.800
Ayrılmış test	0,0375	0,0514	0,0956	5.201
Yüksek sıcaklık testi	0,0425	0,0616	0,1217	3.966

Ayrılmış testte MAE 0,0375 °C ve mutlak hata q95 değeri 0,0956 °C; yüksek sıcaklık testinde ise sırasıyla 0,0425 °C ve 0,1217 °C olarak bulunmuştur. Bu iki ayrılmış roldeki sonuçların geliştirme ve doğrulama değerlerine yakın kalması, bir saniyelik nedensel geçişin farklı fiziksel oturumlara taşınabildiğini desteklemektedir. Bununla birlikte bu değerler kontrol modülünün PT100 ölçüm dizisine göre hesaplanmış model hatalarıdır; ölçüm zincirinin mutlak sıcaklık doğruluğuyla eş anlamlı değildir.

2.3.2. Ufuk Bazlı Serbest Çok Adımlı Tahmin

Dört veri rolünde 10–180 s serbest tahmin ufuklarına göre MAE, mutlak hata q95, düşük tahmin yönündeki q95 ve son değeri korumaya göre beceri değişimi Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Tahmin ufkuna göre serbest çok adımlı performans: (a) MAE, (b) mutlak hata q95, (c) düşük tahmin yönündeki q95 ve (d) son değeri korumaya göre beceri.

Beklendiği üzere sıcaklık tahmininin yinelemeli olarak ilerletilmesiyle MAE ve hata kuyrukları ufukla birlikte artmıştır. Buna karşın model bütün roller ve bütün ufuklarda son değeri koruma

yaklaşımından daha düşük MAE üretmiş; beceri değerleri pozitif kalmıştır. Ayrılmış testte 180 s MAE 0,3704 °C, mutlak hata q95 1,1780 °C ve son değeri korumaya göre beceri %90,18'dir. Yüksek sıcaklık testindeki karşılıkları 0,3851 °C, 1,1307 °C ve %87,34 olarak elde edilmiştir.

Ayrılmış değerlendirme rollerinin ufuk bazlı sayısal sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Ayrılmış test rollerinde ufuk bazlı serbest tahmin sonuçları (hata değerleri °C).

Rol	H (s)	MAE	RMSE	q95	Düşük tahmin q95	MAE_{pers}	Beceri (%)
Ayrılmış test	10	0,0506	0,0776	0,1316	0,1106	0,4155	87,83
Ayrılmış test	20	0,0731	0,1216	0,2010	0,1676	0,7856	90,70
Ayrılmış test	40	0,1221	0,2060	0,3622	0,2997	1,3986	91,27
Ayrılmış test	60	0,1700	0,2812	0,5187	0,4298	1,8261	90,69
Ayrılmış test	120	0,2879	0,4435	0,8957	0,8147	2,8767	89,99
Ayrılmış test	180	0,3704	0,5404	1,1780	1,1131	3,7733	90,18
Yüksek sıcaklık testi	10	0,0617	0,1050	0,1685	0,1236	0,4148	85,11
Yüksek sıcaklık testi	20	0,0934	0,2022	0,2509	0,1908	0,7814	88,04
Yüksek sıcaklık testi	40	0,1493	0,2921	0,4340	0,3301	1,3536	88,97
Yüksek sıcaklık testi	60	0,1982	0,3413	0,6037	0,4646	1,6861	88,24
Yüksek sıcaklık testi	120	0,3158	0,4605	0,9249	0,8212	2,3583	86,61
Yüksek sıcaklık testi	180	0,3851	0,5371	1,1307	0,9837	3,0406	87,34

Ayrılmış testte beceri %87,83–%91,27; yüksek sıcaklık testinde %85,11–%88,97 aralığında değişmiştir. Düşük tahmin yönündeki q95 değerinin 180 s sonunda ayrılmış testte 1,1131 °C, yüksek sıcaklık testinde 0,9837 °C olması, uzun ufukta hata kuyruğunun ayrıca izlenmesi gerektiğini göstermektedir. Sapma oranı ufuk bazında değil, her rolün bütün serbest tahmin yörüngeleri üzerinden hesaplanmıştır ve dört rolün tamamında %0,00'dır.

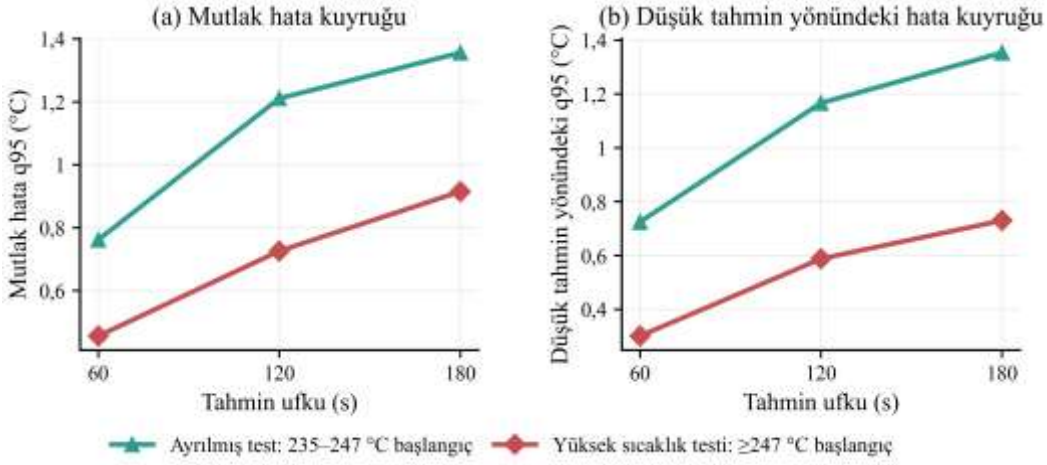
2.3.3. Tahmin Ufku ve Başlangıç Sıcaklık Bölgesi Bazlı Performans

Yüksek sıcaklık davranışı, her serbest tahmin yörüngesinin başlangıç sıcaklığı T_0 esas alınarak ayrıca incelenmiştir. Bu gruplama, tahmin içindeki her noktanın aynı sıcaklık bölgesinde bulunduğu anlamına gelmemektedir; bir başlangıçtan üretilen bütün H saniyelik yörünge, başlangıç bölgesine atanmıştır. Ayrılmış testte $235 \leq T_0 < 247$ °C ve yüksek sıcaklık testinde $T_0 \geq 247$ °C başlangıçları için 60, 120 ve 180 s sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Yüksek sıcaklık başlangıçlarında ufuk bazlı serbest tahmin sonuçları; hata sütunları °C'dir. Geçerli tahmin noktası, ilgili başlangıçlardan H saniye boyunca biriktirilen toplam tahmin örneği sayısını göstermektedir.

Rol	Başlangıç bölgesi (°C)	H (s)	MAE	q95	Düşük tahmin q95	Geçerli tahmin noktası
Ayrılmış test	235≤T₀<247	60	0,2301	0,7617	0,7249	1.860
Ayrılmış test	235≤T₀<247	120	0,4032	1,2110	1,1667	3.720
Ayrılmış test	235≤T₀<247	180	0,4589	1,3561	1,3534	5.580
Yüksek sıcaklık testi	T₀≥247	60	0,1540	0,4560	0,3013	2.400
Yüksek sıcaklık testi	T₀≥247	120	0,2534	0,7261	0,5883	4.800
Yüksek sıcaklık testi	T₀≥247	180	0,3245	0,9151	0,7305	7.200

Aynı sonuçların mutlak hata q95 ve düşük tahmin yönündeki q95 bakımından görsel karşılaştırması Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Başlangıç sıcaklığına göre yüksek sıcaklık serbest tahminleri: (a) mutlak hata q95 ve (b) düşük tahmin yönündeki q95.

Ayrılmış testte 235≤T₀<247 °C başlangıçları için 180 s MAE 0,4589 °C, mutlak hata q95 1,3561 °C ve düşük tahmin yönündeki q95 1,3534 °C'dir. T₀≥247 °C yüksek sıcaklık testi başlangıçlarında aynı ölçütler sırasıyla 0,3245 °C, 0,9151 °C ve 0,7305 °C olarak bulunmuştur. Daha yüksek başlangıç sıcaklığına sahip test kümesinin daha düşük hata üretmesi, bu bölgenin yapısal olarak daha kolay olduğu biçiminde yorumlanmamalıdır; iki rol farklı fiziksel oturum ve uyarım bileşimlerine sahiptir. Bulgular, raporlanan oturumlar içinde modelin 247 °C üzerindeki başlangıçlarda kontrolsüz bir hata büyümesi göstermediğini ortaya koymaktadır.

2.3.4. Ayrılmış Test ve Yüksek Sıcaklık Testi

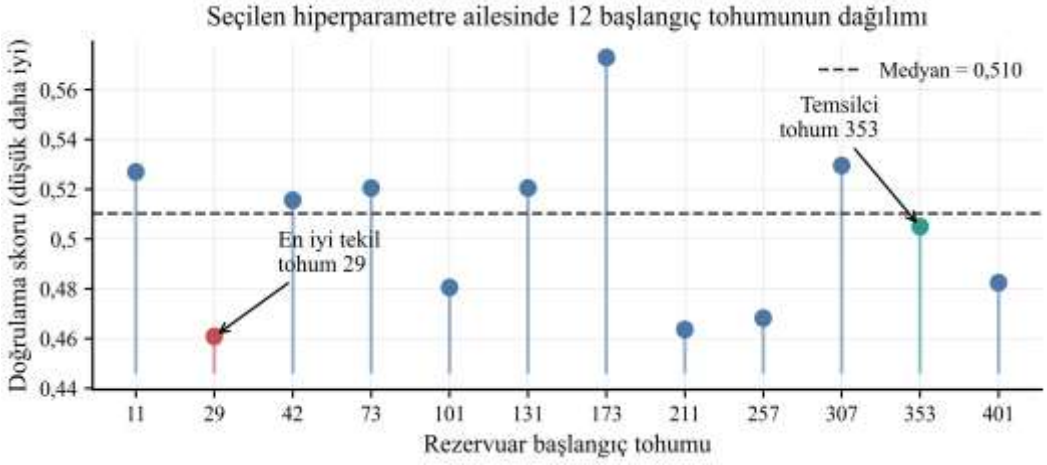
Ayrılmış test ve yüksek sıcaklık testi eşikleri, nihai aday yapı ile temsilci tohum belirlendikten sonra ilgili test rolleri üzerinde değerlendirilmiştir. Ayrılmış testin 60 s genel q95 değeri 0,5187 °C; 235≤T₀<247 °C alt grubundaki q95 ve düşük tahmin yönündeki q95 değerleri sırasıyla 0,7617 °C ve 0,7249 °C'dir. Yüksek sıcaklık testinde T₀≥247 °C başlangıçlar için 60

ve 120 s düşük tahmin yönündeki q95 değerleri sırasıyla 0,3013 °C ve 0,5883 °C'dir. Bu değerler Bölüm 2.2'de önceden tanımlanan ilgili kabul sınırlarının altında kalmıştır.

Dondurulmuş model; oturumların rol bazında ayrılması, doğrulama ve yüksek sıcaklık örnek yeterliliği, çok tohumlu sağlamlık, karşıolgusal yön tutarlılığı ve bütün rollerde sapma oranının %1 eşiğinin altında kalması kapılarını geçmiştir. Rezervuar büyüklüğü hesaplama bütçesiyle ilişkili ayrı bir tasarım kararı olarak değerlendirilmiş; bunun dışındaki seçili hiperparametreler tarama alanının alt veya üst sınırında bulunmamıştır. Bu test rolleri nihai model seçim skoruna dâhil edilmemiştir; ancak aynı oturumlar önceki bir V18 değerlendirmesinde de raporlandığından, bütün proje geliştirme süreci açısından tamamen kör test kümeleri olarak nitelendirilmemiştir. Bütün kabul kapılarının karşılanması, modelin incelenen veri dağılımı içindeki önceden belirlenmiş ölçütleri sağladığını göstermektedir; bu sonuç olası bütün çalışma koşulları için evrensel bir güvence olarak yorumlanmamalıdır.

2.3.5. Çok Tohumlu Sağlamlık

Seçilen yapı ve ridge değerinin 12 farklı rezervuar başlangıç tohumu altındaki doğrulama skoru dağılımı Şekil 6'da gösterilmiştir.

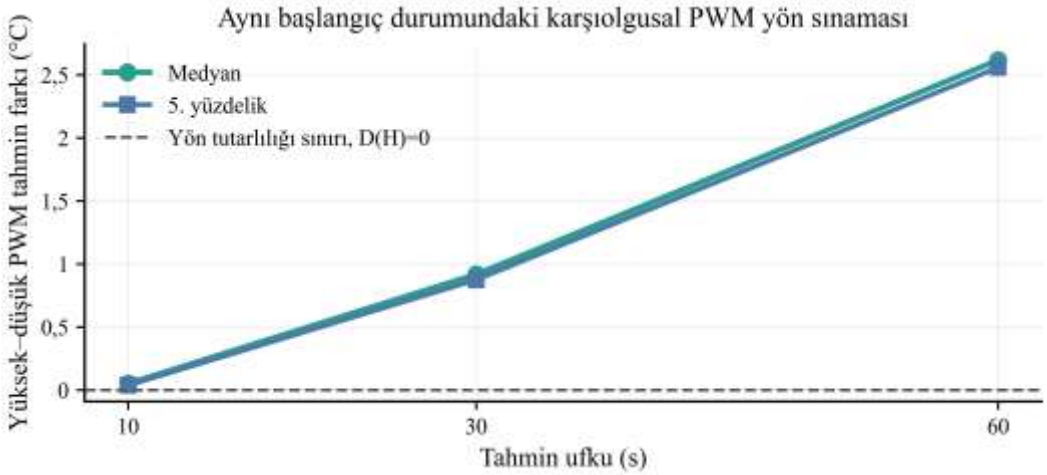


Şekil 6. Seçilen hiperparametre ailesinde 12 rezervuar başlangıç tohumunun doğrulama skoru dağılımı; düşük değer daha iyidir.

Doğrulama bileşik skorunun en iyi, medyan ve en kötü değerleri sırasıyla 0,46085, 0,51028 ve 0,57296; standart sapması 0,03214'tür. En iyi tekil sonuç 29 numaralı başlangıç tohumu ile 0,46085 olarak elde edilmesine karşın, dışa aktarılan 353 numaralı temsilci modelin skoru 0,50497 olup aile medyanına yakındır. Böylece model seçimi, rastlantısal olarak en iyi rezervuar örneğine değil, seçilen hiperparametre ailesinin tipik davranışına dayandırılmıştır. Bu skorlar yalnız doğrulama verisi üzerinde hesaplanmış olup ayrılmış test başarımını temsil etmemektedir.

2.3.6. Karşıolgusal PWM Yön Tutarlılığı

Aynı rezervuar durumu ve sıcaklık geçmişinden başlatılan karşıolgusal PWM kollarında elde edilen sıcaklık farkının medyanı ve 5. yüzdeliği Şekil 7'de gösterilmiştir.

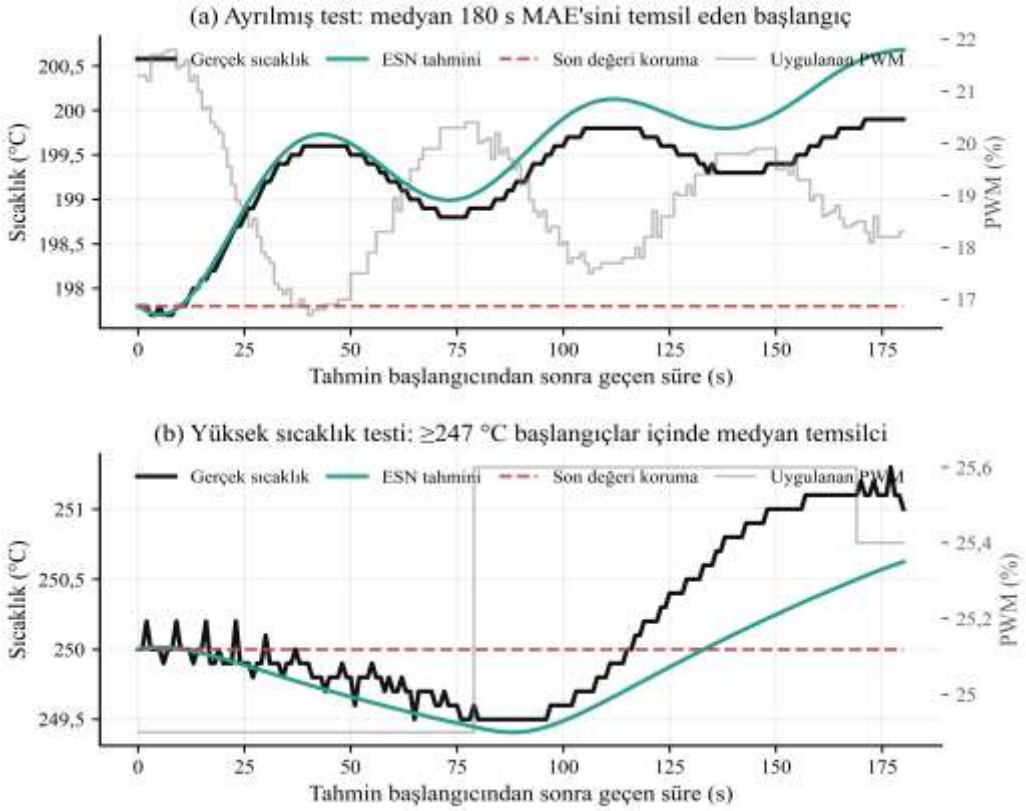


Şekil 7. Aynı başlangıç durumunda yüksek ve düşük PWM kolları arasındaki tahmin farkının medyanı ve 5. yüzdeliği; kesikli çizgi D(H)=0 yön tutarlılığı sınırını göstermektedir.

Karşıolgusal sınamada 137 geçerli çift kullanılmıştır. Yüksek PWM ve düşük PWM kolları arasındaki sıcaklık farkının medyanı 10, 30 ve 60 s için sırasıyla 0,0509, 0,9173 ve 2,6170 °C'dir. Aynı ufuklardaki 5. yüzdelikler 0,0379, 0,8747 ve 2,5586 °C olarak bulunmuş; -0,10 °C eşiğinin altındaki yön ihlali oranı bütün ufuklarda %0,00 olmuştur. Sonuçlar, incelenen başlangıç durumlarında daha yüksek PWM kolunun daha düşük sıcaklık üretmemesi yönündeki temel işaret beklentisini desteklemektedir. Bununla birlikte bu sınama, ısıl parametrelerin doğru tanımlandığını veya modelin veri kapsamı dışındaki bütün PWM düzeylerinde fiziksel doğruluğu garanti etmez; yalnızca giriş yönüne ilişkin gerekli fakat yeterli olmayan bir tutarlılık denetimidir.

2.3.7. Temsili Serbest Tahmin Yörüngeleri ve Tartışma

Temsili yörüngeler, sonradan en iyi görünen örneklerin seçilmesini önlemek amacıyla rol medyanına en yakın 180 s MAE değerine göre nesnel olarak belirlenmiştir. Ayrılmış test ve yüksek sıcaklık testi için seçilen yörüngeler Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Nesnel seçim kuralıyla belirlenen temsili 180 s serbest tahmin yörüngeleri: (a) ayrılmış test ve (b) $T_0 \geq 247$ °C yüksek sıcaklık testi. Model, gerçekten uygulanmış PWM dizisiyle ilerletilmiştir.

Ayrılmış test için nihai değerlendirmede kullanılan 264 deterministik 180 s başlangıcı arasından MAE'si rol medyanına en yakın yörünge; yüksek sıcaklık testi için ise $T_0 \geq 247$ °C koşulunu sağlayan 40 başlangıç arasından MAE'si bu alt grubun medyanına en yakın yörünge seçilmiştir. Ayrılmış test temsilcisi T_0=197,8 °C'de başlamakta ve 180 s MAE'si 0,2973 °C'dir; bütün ayrılmış test başlangıçlarının medyanı 0,2981 °C'dir. Yüksek sıcaklık testi temsilcisi T_0=250,0 °C'de başlamakta ve 180 s MAE'si 0,2883 °C'dir; uygun başlangıçların medyanı 0,2808 °C'dir. Ayrılmış test örneğinde ESN, PWM değişimleri altında sıcaklığın yükselme ve alçalma eğilimini son değeri koruma yaklaşımından belirgin biçimde daha iyi izlemekte; ancak ölçülen basamaklı sıcaklık dizisine göre daha yumuşak bir yörünge üretmekte ve ufkun son bölümünde ölçülen sıcaklığın üzerinde kalarak yüksek tahmin yönünde sapma biriktirmektedir. Yüksek sıcaklık testi örneğinde model ilk soğuma ve izleyen toparlanma yönünü yakalamış, fakat yükseliş genliğini düşük tahmin etmiştir. Bu iki örnek, toplulaştırılmış düşük tahmin

yönündeki q95 değerleriyle uyumlu olarak, uzun ufuk performansının yalnız ortalama hatayla değil hata yönü ve kuyruğuyla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

3. SONUÇ

Toplu sonuçlar üç ana bulgu ortaya koymaktadır. Birincisi, düşük tek adımlı hata nihai otomatik model seçimi skoruna alınmayan fiziksel oturumlarda da korunmuştur. İkincisi, 180 s'ye kadar hata artmasına karşın hiçbir rolde sayısal sapma gözlenmemiş ve ESN bütün ufuklarda son değeri koruma taban çizgisini aşmıştır. Üçüncüsü, yüksek sıcaklık başlangıçlarında düşük tahmin yönündeki q95 kabul sınırları içinde kalmakla birlikte uzun ufukta büyümüş; bu nedenle denetim uygulamasında model belirsizliğinin ve güvenlik sınırlarının ayrıca ele alınması gerekmektedir.

Bu çalışma ESN'nin basit son değeri koruma taban çizgisine göre katkısını göstermektedir; mevcut sonuçlar doğrusal bir sistem tanılama modeliyle doğrudan karşılaştırma içermediğinden, ESN'nin bütün doğrusal alternatiflerden üstün olduğu ileri sürülmemektedir. Ayrıca burada sunulan bulgular çevrimdışı sistem tanılama sonuçlarıdır; kapalı çevrim ESN+MPC denetim performansı için doğrudan kanıt oluşturmaz. Yüksek sıcaklık testi tek bir fiziksel oturuma dayanmaktadır; toplulaştırılmış ölçütler zaman bakımından ilişkili tahmin noktalarını içermekte ve oturum düzeyinde güven aralıkları sunmamaktadır. Bununla birlikte fiziksel oturum bazında ayrılmış değerlendirme, çok tohumlu denetim, uzun ufuklu serbest tahmin ve karşıolgusal giriş sınaması birlikte değerlendirildiğinde, dondurulmuş modelin incelenen deneysel çalışma bölgesindeki serbest tahminlerde sayısal sapma göstermeyen, nedensel ve MPC öncesi çevrimdışı doğrulamayı geçen bir tahmin modeli sunduğu görülmüştür. Gelecek çalışmada, aynı protokol altında doğrusal ridge taban çizgisinin oluşturulması, farklı fiziksel oturumlarla belirsizlik aralıklarının nicelleştirilmesi ve dondurulmuş ESN modelinin açık güvenlik kısıtlarıyla kapalı çevrim model öngörülü kontrol içinde deneysel olarak değerlendirilmesi planlanmaktadır.

KAYNAKÇA

Antonelo, E. A., Camponogara, E., & Plucenio, A. (2015). System identification of a vertical riser model with echo state networks. *IFAC-PapersOnLine, 48*(6), 304-310. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.08.048

EMKO Elektronik A.Ş. (2024). *Üniversal Analog Girişli (PID) Genişleme Modülü* (TUR IPERTU-SMRXXX 02 V01_0824) [Teknik doküman].

Forssell, U., & Ljung, L. (1999). Closed-loop identification revisited. *Automatica, 35*(7), 1215-1241. https://doi.org/10.1016/S0005-1098(99)00022-9

Gevers, M. (2005). Identification for control: From the early achievements to the revival of experiment design. *European Journal of Control, 11*(4-5), 335-352. https://doi.org/10.3166/ejc.11.335-352

Jaeger, H. (2003). Adaptive nonlinear system identification with echo state networks. In *Advances in Neural Information Processing Systems 15 (NIPS 2002)* (pp. 609-616). MIT Press.

Ljung, L. (1999). *System identification: Theory for the user* (2nd ed.). Prentice Hall.

Lukoševičius, M. (2012). A practical guide to applying echo state networks. In G. Montavon, G. B. Orr, & K.-R. Müller (Eds.), *Neural networks: Tricks of the trade* (2nd ed., pp. 659-686). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35289-8_36

Lukoševičius, M., & Jaeger, H. (2009). Reservoir computing approaches to recurrent neural network training. *Computer Science Review, 3*(3), 127-149. https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2009.03.005

Racca, A., & Magri, L. (2021). Robust optimization and validation of echo state networks for learning chaotic dynamics. *Neural Networks, 142*, 252-268. https://doi.org/10.1016/j.neunet.2021.05.004

Schwedersky, B. B., Flesch, R. C. C., & Rovea, S. B. (2022). Echo state networks for online, multi-step MPC relevant identification. *Engineering Applications of Artificial Intelligence, 108*, 104596. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.104596

Ushikoshi, T. de A., & Aguirre, L. A. (2023). Guidelines for choosing hyperparameters of echo state networks for system identification: Two case studies. *International Journal of Modelling, Identification and Control, 42*(2), 105-115. https://doi.org/10.1504/IJMIC.2023.129483

Van den Hof, P. M. J. (1998). Closed-loop issues in system identification. *Annual Reviews in Control, 22*, 173-186. https://doi.org/10.1016/S1367-5788(98)00016-9

Viehweg, J., Worthmann, K., & Mäder, P. (2023). Parameterizing echo state networks for multi-step time series prediction. *Neurocomputing, 522*, 214-228. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2022.11.044

Williams, J. P., Kutz, J. N., & Manohar, K. (2026). Reservoir computing for system identification and model predictive control. *Neural Networks, 202*, 109031. https://doi.org/10.1016/j.neunet.2026.109031

Yildiz, I. B., Jaeger, H., & Kiebel, S. J. (2012). Re-visiting the echo state property. *Neural Networks, 35*, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.neunet.2012.07.005

TAM OTOMATİK ROBOTLU ENJEKSİYON DÖKÜM HÜCRESİ İÇİN ROBOT BRAKETİ VE PİM KONVEYÖRÜNÜN PROTOTİP TASARIMI VE ÜRETİMİ

Umut COŞGUN
Arge Merkezi, Kormetal Sanayi ve Ticaret A.Ş, İstanbul, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-4472-5279

ÖZET

Parça alıcı robotlu enjeksiyon döküm hücresinde BSH Drumsupport parçanın üretiminin yapılması için gerekli ekipmanlara ihtiyaç bulunmaktadır. Parça hakkında bilgi vermek gerekirse dökülmesi gerçekleştirilecek olan parçada çelik insert mil ve aluminyum gövde bulunmaktadır. Bu parça çamaşır makineside bulunan motor hareketini kazana aktaran parçadır, tambur yıldızı olarak geçmektedir. Hücre çalışmasından bahsedilecek olursa makinede döküm işleminin gerçekleştirilebilmesi için ilk olarak çelik insert milin kalıp içerisinde hassas bir şekilde takılıp ardından döküm işlemlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Pim besleme işlemi sırasında ya da döküm tamamlandıktan sonra parça kalıptan çıkartılırken kesinlikle milin çizilmemesi gerekmektedir. Mildeki en ufak çizik müşterinin parçayı kabul etmemesine, parçanın hurda olmasına sebebiyet vermektedir. Bu kadar hassas bir işin manuel olarak yapılması kabul edilemez. Dolayısıyla hücre içerisinde bulunan robot vasıtasıyla, hücre sistemi çalışarak bu işin yapılabilmesi sağlanmalıdır. Bu sebeple robotun parça ve mil özelinde tutucu braket, tutucu ve parmak tasarımlarının yapılması gerekmektedir. Akabinde robotun otomatik olarak pim besleme yapabilmesi için ilgili çelik insert pimleri standart, rijit bir şekilde aynı bölgeden alması gerekmektedir. Dolayısıyla bu işin yapılabilmesi için ise pim konveyörü tasarımı ve üretimi yapılması gerekecektir.

Döküm hattının hücre sisteminde çalışabilmesi ve müşterinin isteğidi kapasiteyi sağlayabilmesi için sistemin tam otomatik bir şekilde çalışabilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda hücre içerisinde herhangi bir manuel işlemin yapılmaması sağlanmalıdır. Hücre sistemi yerine manuel çalışmak hücre verimliliğini ve kapasitesini ciddi bir şekilde düşmesini sağlayacaktır. Döküm hattında manuel çalışmanın getirdiği olumsuzluklar kapasitenin az olması, dökümü gerçekleştirilen parçaları hızlı soğutulamayacağı için dökülen parçalar alanda fazla yer kaplayacak, trim pres üretim planını aksatacaktır. Parça soğumadan trim yapıldığı taktirde ise parçada ölçü bozuklukları çıkartacaktır.

Yapılacak olan robot braketi, tutucusu ve parmakları ile robotun dökümü gerçekleştirilen parçayı ve pimi alabilmesi sağlanacaktır. Yapılacak olan pim konveyörü ile robotun makineye pim besleme işlemi gerçekleştirilecek tam otomatik bir sistem koşulları sağlanmış olacaktır. Robot tutucu braket, tutucu ve parmaklar dökümü gerçekleştirilecek nihai parça ve kullanılacak

olan pim datalarına göre tasarlanacaktır. Braketin boyu, genel tasarımı robotun makine içerisinde kalıp arasında rahatça hareket edebileceği şekilde dizayn edilecektir. Seçilecek olan pnomatik tutucular içinde bu husus dikkate alınacak, parça ağırlığı ve boyutu pnomatik piston ve piston stroke değeri seçiminde dikkate alınacaktır. Keza tutucu parmakları tasarımı yapılırkende pim ve dökülmüş parçayı tam kavrayacak şekilde parmak tasarımları gerçekleştirilecektir. Pim konveyöründe ise durum tamamen farklıdır. Buradaki amaç robotun hiç durmadan pim alabilmesini sağlamak olacaktır. Bunun içinse robot çalışırken, operatörün besleme yapabileceği, konveyöre pim beslemeden kaynaklı herhangi bir duruşun sağlanmaması için bir tasarım gerçekleştirilecektir. Kullanılabilecek alana göre pim kapasite yüksek pim konveyörü tasarımı ve üretimi gerçekleştirilecektir. Robot tutucu braket üretimi, tutucu tedariği, parmak üretimi ve pim konveyörü üretimi gerçekleştirildikten sonra hücresi içerisine montaj ve entegrasyon işlemi gerçekleştirilecektir. Akabinde de robot programı yazılıp ilgili parçanın üretiminin tam otomatik bir şekilde üretilmesi sağlanacaktır. Bu vesileyle robot pim konveyöründen pim alacak ilgili kalıba pim besleme işlemi yapacak, dökümü gerçekleştirilen parçayı alacak, kamera kontrolü ile makinenin çalışmasının kontrolünü yapacak, dökülmüş sıcak parçayı soğutma kazanında soğutacak, akabinde trim besleme işlemi yaparak parçanın döküm prosesini bitirmiş olacaktır. Bu döngüde sürekli çalışmaya devam edecek, hücrenin üretim kapasite ve verimliliğini arttırmış olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Robotlu Makine Besleme, Konveyör Tasarımı, İmalat, Seri Üretim, İnsan İşçiliklerinin Azaltılması, Ürün Kalite ve Kapasite Artışı, Hurda Oranlarının Azaltılması

PROTOTYPE DESIGN AND MANUFACTURING OF THE ROBOT BRACKET AND PIN CONVEYOR FOR A FULLY AUTOMATED ROBOTIC DIE CASTING CELL

ABSTRACT

There is a need for the necessary equipment to manufacture the BSH Drum Support component in the robotic die casting cell with a part-handling robot. The component consists of a steel insert shaft and an aluminum body. This component transfers the motor movement to the drum in a washing machine and is commonly referred to as a drum spider.

Regarding the operation of the cell, the steel insert shaft must first be positioned precisely inside the mold before the die casting process can be performed. The shaft must then remain accurately positioned throughout the casting process. During pin feeding or when the cast component is removed from the mold after casting, the shaft must under no circumstances be scratched. Even the slightest scratch on the shaft may result in customer rejection and cause the component to be scrapped. Therefore, performing such a sensitive operation manually is

not acceptable. The process must be fully automated and carried out by the robot integrated into the cell. For this reason, a dedicated robot mounting bracket, gripper, and finger designs must be developed specifically for the component and the insert shaft.

Furthermore, in order for the robot to perform automatic pin feeding, the steel insert pins must be picked from the same location in a standardized and rigid manner. Therefore, a pin conveyor must be designed and manufactured to enable reliable and repeatable pin feeding.

In order for the die casting line to operate effectively as an integrated cell and meet the production capacity requested by the customer, the system must operate fully automatically. Within this scope, all manual operations inside the cell should be eliminated. Operating the process manually instead of using the automated cell would significantly reduce the efficiency and production capacity of the cell. Manual operation in the die casting line would result in several disadvantages, including reduced production capacity. Since the cast components could not be cooled rapidly enough, they would occupy excessive space in the production area and disrupt the production schedule of the trim press. Furthermore, performing trimming operations before the component has sufficiently cooled may result in dimensional deviations and deformation of the component.

The robot mounting bracket, gripper, and fingers to be developed will enable the robot to pick and handle both the cast component and the insert pin. The pin conveyor will enable the robot to automatically feed the insert pins into the die, thereby providing the conditions required for a fully automated system.

The robot mounting bracket, gripper, and fingers will be designed according to the dimensional and geometric data of the final cast component and the insert pins to be used. The length and overall geometry of the bracket will be designed to allow the robot to move freely and safely between the mold halves inside the die casting machine. The same considerations will be taken into account when selecting the pneumatic gripper. The weight and dimensions of the component will be considered when determining the appropriate pneumatic cylinder and required stroke length. Similarly, the gripper fingers will be designed to securely and precisely grip both the insert pin and the cast component.

The design requirements for the pin conveyor will be different. The primary objective will be to ensure that the robot can continuously pick insert pins without interruption. Therefore, the conveyor will be designed in such a way that the operator can replenish the pins while the robot is operating, preventing any production stoppage caused by pin replenishment. Depending on

the available installation area, a high-capacity pin conveyor will be designed and manufactured to provide a continuous supply of insert pins to the robot.

After the robot mounting bracket has been manufactured, the gripper has been procured, the gripper fingers have been manufactured, and the pin conveyor has been produced, all equipment will be assembled and integrated into the robotic die casting cell. Subsequently, the robot program will be developed and commissioned to enable fully automated production of the component.

During the automated cycle, the robot will pick an insert pin from the pin conveyor and accurately place it into the mold. It will then retrieve the cast component after the die casting process. The robot will perform camera-based inspection to verify the operating condition of the machine and process. The hot cast component will subsequently be transferred to the cooling tank for controlled cooling. Following the cooling operation, the robot will perform the trim feeding operation, completing the die casting process of the component.

This cycle will operate continuously, eliminating manual intervention and increasing the production capacity, operational efficiency, and overall productivity of the robotic die casting cell.

Keywords: Robotic Machine Feeding, Conveyor Design, Manufacturing, Mass Production, Reduction of Manual Labor, Increase in Product Quality and Production Capacity, Reduction of Scrap Rates

TAMBUR YILDIZI ROBOTİK İŞLEME VE DOĞRULTMA HATTI

Umut COŞGUN
Arge Merkezi, Kormetal Sanayi ve Ticaret A.Ş, İstanbul, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-4472-5279

ÖZET

Bu proje, çamaşır makinesi üretiminde kullanılan ve alüminyum yüksek basınçlı döküm yöntemiyle üretilen tambur yıldızı parçalarının, döküm sonrası ve su ile soğutma proseslerinde oluşan geometrik deformasyonlarının (özellikle montaj kulaklarındaki eksenel ve radyal çarpılmaların) giderilmesi, hassas toleranslara getirilmesi ve devamındaki işleme operasyonlarının tamamen entegre ve robotik bir hat üzerinde gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. Mevcut üretim yapısında operatör bağımlı olarak yürütülen doğrultma, CNC işleme, parça temizleme, yüzey kontrol, yağlama, fileleme ve paketleme süreçleri; bu proje kapsamında iki adet 6 eksen endüstriyel robot, fikstürlü konveyör sistemleri, ara transfer istasyonları ve makine entegrasyonları ile tek bir senkronize üretim hücresine dönüştürülecektir. Sistemde birinci robot, fikstürlü konveyör üzerinden gelen doğrultulmamış parçaları tanımlı referans noktalarına göre kavrayarak doğrultma makinesine hassas konumlandırma ile besleyecek, doğrultma prosesi tamamlandıktan sonra parçayı alarak ara buffer/transfer ünitesine bırakacaktır; ikinci robot ise bu üniteden parçayı alarak CNC işleme merkezine doğru pozisyonlama ile yükleyecek, işleme sonrası parçayı otomatik temizleme ünitesine transfer edecek ve ardından çıkış konveyörüne bırakacaktır. Robotlar arası iletişim ve sistem senkronizasyonu, PLC tabanlı merkezi kontrol mimarisi üzerinden dijital I/O, Profinet/Ethernet-IP gibi endüstriyel haberleşme protokolleri ve el sıkışma (handshake) sinyalleri kullanılarak sağlanacak; istasyonlar arası durum bilgileri (hazır/beklemede/işlemde/hata), parça var/yok bilgisi ve güvenlik interlockları gerçek zamanlı olarak yönetilecektir. Ayrıca robotlar arası çakışma önleme, güvenli alan paylaşımı ve proses süre optimizasyonu için zamanlama senaryoları ve görev önceliklendirme algoritmaları uygulanacaktır. Bu entegre robotik işleme hattı sayesinde prosesler arası manuel müdahale minimize edilerek çevrim süreleri düşürülecek, parça kalitesi ve tekrarlanabilirlik artırılacak, izlenebilirlik ve proses kontrolü güçlendirilecek ve operatör ihtiyacı vardiya başına 3 kişiden 1,5 kişiye düşürülerek günlük toplamda 4,5 operatörlük iş gücü tasarrufu sağlanacaktır; böylece üretim verimliliği, kapasite kullanımı ve maliyet etkinliği önemli ölçüde iyileştirilecektir.

Mevcut üretim sürecinde tambur yıldızı parçalarının döküm ve soğutma sonrası geometrik deformasyona uğraması nedeniyle işleme öncesi ek doğrultma operasyonuna ihtiyaç

duyulması, bu işlemlerin operatör bağımlı yürütülmesi sonucu çevrim sürelerinde değişkenlik ve kalite dalgalanmalarının oluşması, prosesler arasında manuel taşıma ve transferlerin verimsizlik yaratması, işleme, temizleme ve paketleme adımlarında yüksek iş gücü ihtiyacının maliyetleri artırması ve sürdürülebilir üretim açısından dezavantaj oluşturması, artan üretim taleplerine mevcut yapı ile yeterli kapasite ve hızda cevap verilememesi, operatör kaynaklı hata risklerinin ve iş güvenliği yüklerinin bulunması, prosesler arasında veri akışının ve izlenebilirliğin sınırlı olması gibi faktörlere dayanmaktadır. Bununla birlikte, parçaların hassas toleranslarla işlenebilmesi için doğrultma ve işleme operasyonlarının standart, tekrarlanabilir ve kontrol edilebilir bir yapıya kavuşturulması ihtiyacı, üretimde otomasyon seviyesinin artırılarak robotik sistemler aracılığıyla prosesler arası entegrasyonun sağlanması gerekliliği, çevrim sürelerinin optimize edilmesi, hat verimliliğinin yükseltilmesi ve birim parça maliyetlerinin düşürülmesi hedefleri bu projenin ortaya çıkmasını zorunlu kılmıştır. Ayrıca, rekabetçi üretim koşullarında daha az operatör ile daha yüksek ve stabil üretim yapılabilmesi, insan hatasının minimize edilmesi, iş güvenliği risklerinin azaltılması ve Endüstri 4.0 kapsamında makine-robot-PLC haberleşmesi ile akıllı üretim altyapısına geçiş ihtiyacı da projenin belirlenmesinde temel etkenler arasında yer almaktadır.

Tambur yıldızı parçasının robotik sistemler ile prosesler arası kesintisiz ve hassas bir şekilde taşınmasını sağlayacak mekanik ve otomasyon altyapısının tasarımı ile başlayacaktır. Bu doğrultuda robotların 6. eksenine bağlanacak, bağlantı deliklerine uygun özel tutucu braketler tasarlanacak ve her robotun aynı anda iki adet parça taşıyabileceği şekilde yapılandırılacaktır. Tutucu sistem olarak Schunk DPZ Plus 80-1 paralel gripper kullanılacak olup, iki robot üzerinde toplam 4 adet tutucu entegre edilecektir. Parçanın geometrik yapısına uygun, deformasyon riskini azaltan ve hassas kavrama sağlayan özel tutucu çene tasarımları geliştirilecektir. Parça akışının düzenli ve kontrollü sağlanabilmesi amacıyla fikstürlü konveyör sistemi tasarlanacak ve üretilecektir. Hücreler arası transferin stabil ve tekrarlanabilir şekilde gerçekleştirilmesi için parçanın doğru konumda durmasını sağlayan bir aktarma (buffer) istasyonu tasarlanarak imal edilecektir. İşleme sonrası parça yüzeyinde oluşabilecek talaş, yağ ve kirlerin giderilmesi amacıyla otomatik bir temizleme ünitesi tasarlanacak ve sisteme entegre edilecektir. Tüm bu sistemlerin uyum içerisinde çalışabilmesi için detaylı hat yerleşimi (layout) hazırlanacak, makineler ve ekipmanlar optimum erişim, güvenlik ve çevrim süresi kriterlerine göre konumlandırılacak; bu yerleşime bağlı olarak mekanik taşıma, elektriksel kablolama ve saha kurulum çalışmaları gerçekleştirilecektir. İmalat ve montaj süreçlerinin tamamlanmasının ardından sistem devreye alma aşamasına

alınacak, robot programlama, PLC tabanlı otomasyon senaryoları, robotlar arası haberleşme (handshake), güvenlik interlockları ve hata yönetimi fonksiyonları geliştirilecektir. Son aşamada hücre bazlı fonksiyon testleri, hat genelinde çalışma ve çevrim süresi doğrulamaları yapılarak sistem optimize edilecek ve tam otomatik şekilde devreye alınacaktır.

Bu proje, alüminyum döküm sonrası geometrik deformasyona uğrayan tambur yıldızı parçalarının doğrultma, işleme ve sonlandırma süreçlerini tek bir entegre robotik işleme hattı altında birleştirmesi açısından önemli bir yenilik içermektedir. Mevcut sistemlerde bu operasyonlar operatör bağımlı, birbirinden kopuk ve manuel transferlerle yürütülürken, bu projede doğrultma makinesi, CNC işleme merkezi, temizleme ünitesi ve transfer sistemleri iki robotlu bir yapı içerisinde senkronize ve tam otomatik olarak çalışacaktır. Özellikle deformasyona uğramış, formu stabil olmayan parçaların robotlar tarafından güvenli ve hassas bir şekilde kavranabilmesi için geliştirilecek özel tutucu çene tasarımları, çiftli parça taşıma konsepti (her robotta iki parça) ve robot 6. eksenine entegre edilecek özgün braket yapıları projenin mühendislik açısından yenilikçi yönünü oluşturmaktadır. Bununla birlikte, fikstürlü konveyör sistemi ve hücreler arası konum hassasiyetini garanti altına alan aktarma (buffer) istasyonu tasarımı, parçanın her istasyonda tekrarlanabilir şekilde referanslanmasını sağlayarak proses sürekliliğini ve kalite stabilitesini artıracaktır.

Projenin Ar-Ge niteliği ise; robotlar arası koordinasyonun ve makine-robot entegrasyonunun PLC tabanlı merkezi kontrol mimarisi üzerinden, gerçek zamanlı veri alışverişi, el sıkışma (handshake) senaryoları, güvenlik interlockları ve hata yönetimi algoritmaları ile sağlanmasında ortaya çıkmaktadır. İki robotun aynı hat üzerinde çakışmasız, optimize edilmiş çevrim süreleri ile çalışabilmesi için görev planlama, zamanlama ve senkronizasyon algoritmalarının geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca deformasyonlu parçaların doğrultma sonrası ölçüsel uygunluğunun korunarak işleme merkezine aktarılması, robotik kavrama toleranslarının belirlenmesi ve prosesler arası geçişlerde parça stabilitesinin sağlanması mühendislik doğrulama ve test süreçleri gerektiren özgün çalışmalar içermektedir. Temizleme ünitesinin prosese entegre edilmesi, hat yerleşimi (layout) optimizasyonu, çevrim süresi analizleri ve hat dengeleme çalışmaları da deneysel ve iteratif geliştirme faaliyetleri kapsamında değerlendirilmektedir. Sonuç olarak bu proje; standart otomasyon uygulamalarının ötesinde, deformasyona hassas parçalar için robotik proses entegrasyonu, çoklu robot koordinasyonu ve akıllı üretim altyapısı geliştirilmesi açısından yüksek Ar-Ge içeriğine sahip olup, üretimde verimlilik, kalite ve sürdürülebilirlik açısından önemli kazanımlar sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Proses İyileştirme, Robotlu Makine Besleme Prosesi Kazanım, Seri Üretim, İnsan İşçiliklerinin Azaltılması, Ürün Kalite ve Kapasite Artışı, Hurda Oranlarının Azaltılması

DRUM SUPPORT ROBOTIC MACHINING AND STRAIGHTENING LINE

ABSTRACT

This project aims to eliminate the geometric deformations occurring in drum spider components used in washing machine manufacturing and produced by the aluminum high-pressure die casting (HPDC) process, particularly axial and radial distortions in the mounting ears, bring the components within precise dimensional tolerances, and perform the subsequent machining operations on a fully integrated and robotic production line. In the existing production system, the straightening, CNC machining, part cleaning, surface inspection, lubrication, filing, and packaging processes are carried out with a high level of operator dependency. Within the scope of this project, these operations will be transformed into a single synchronized production cell through the integration of two 6-axis industrial robots, fixture-based conveyor systems, intermediate transfer stations, and machine interfaces. In the system, the first robot will pick the as-cast and non-straightened components arriving on the fixture-based conveyor according to predefined reference points and accurately position them in the straightening machine. After the straightening process is completed, the robot will pick up the component and place it onto the intermediate buffer/transfer unit. The second robot will then pick the component from this unit and load it into the CNC machining center with the required positioning accuracy. After machining, the component will be transferred automatically to the cleaning unit and subsequently placed onto the outfeed conveyor. Communication and system synchronization between the robots will be achieved through a PLC-based central control architecture using digital I/O, industrial communication protocols such as Profinet/EtherNet/IP, and handshake signals. Station status information (ready/standby/processing/fault), part presence/absence information, and safety interlocks will be managed in real time. In addition, timing scenarios and task-prioritization algorithms will be implemented for collision avoidance between the robots, safe shared-zone management, and process cycle-time optimization. Through this integrated robotic machining line, manual intervention between processes will be minimized, cycle times will be reduced, product quality and repeatability will be improved, traceability and process control will be strengthened, and the operator requirement will be reduced from 3 operators per shift to 1.5 operators per shift, resulting in a total daily labor saving equivalent to 4.5

operators. Consequently, production efficiency, capacity utilization, and cost-effectiveness will be significantly improved.

The project arises from several limitations in the existing production process. Drum spider components undergo geometric deformation after casting and cooling, requiring an additional straightening operation before machining. The operator-dependent execution of these operations leads to variations in cycle times and fluctuations in product quality. Manual handling and transfers between processes create inefficiencies, while the high labor requirements associated with machining, cleaning, and packaging increase production costs and create disadvantages in terms of sustainable manufacturing. In addition, the existing production structure is unable to respond to increasing production demands with sufficient capacity and speed. Operator-related error risks and occupational safety concerns are also present, while data flow and traceability between processes remain limited. Furthermore, there is a need to establish a standardized, repeatable, and controllable process structure to ensure that the components can be machined within precise dimensional tolerances. The need to increase the level of automation, integrate processes through robotic systems, optimize cycle times, improve line efficiency, and reduce unit production costs has therefore necessitated the development of this project. The requirement to achieve higher and more stable production with fewer operators under competitive manufacturing conditions, minimize human error, reduce occupational safety risks, and transition toward a smart manufacturing infrastructure through machine-robot-PLC communication within the scope of Industry 4.0 were also among the key factors leading to the initiation of the project.

The project will begin with the design of the mechanical and automation infrastructure required to ensure continuous and precise transfer of the drum spider components between processes using robotic systems. Accordingly, customized mounting brackets compatible with the robot flange and the component connection points will be designed and integrated into the sixth axis of the robots. Each robot will be configured to carry two components simultaneously. Schunk DPZ Plus 80-1 parallel grippers will be used as the gripping system, with a total of four grippers integrated onto the two robots. Customized gripper finger designs will be developed according to the geometric characteristics of the component to minimize deformation risks and ensure precise and secure gripping. A fixture-based conveyor system will be designed and manufactured to ensure regular and controlled component flow throughout the production line. An intermediate transfer (buffer) station will also be designed and manufactured to ensure stable and repeatable transfer between cells while maintaining

the component in the correct position. An automated cleaning unit will be designed and integrated into the system to remove chips, oil, and contaminants that may remain on the component surface after machining. To ensure that all systems operate in coordination, a detailed line layout will be prepared, and machines and equipment will be positioned according to optimum accessibility, safety, and cycle-time requirements. Based on this layout, mechanical handling, electrical cabling, and on-site installation activities will be carried out. Following the completion of the manufacturing and assembly processes, the system will enter the commissioning phase. Robot programming, PLC-based automation sequences, robot-to-robot communication and handshake routines, safety interlocks, and fault-management functions will be developed. In the final stage, cell-level functional tests, overall line operation tests, and cycle-time verification studies will be performed. The system will then be optimized and commissioned for fully automatic operation.

The project incorporates significant innovation by combining the straightening, machining, and finishing processes of geometrically deformed drum spider components into a single integrated robotic machining line. While these operations are currently performed with high operator dependency, as separate processes and with manual transfers, the proposed system will synchronize the straightening machine, CNC machining center, cleaning unit, and transfer systems within a two-robot configuration and enable fully automated operation. In particular, the customized gripper finger designs developed to safely and accurately handle deformed and geometrically unstable components, the dual-part handling concept in which each robot carries two components simultaneously, and the customized bracket structures integrated into the sixth axis of the robots constitute key innovative engineering aspects of the project. Furthermore, the fixture-based conveyor system and the transfer (buffer) station designed to ensure positional accuracy between cells will enable the component to be referenced repeatably at each station, thereby improving process continuity and quality stability.

The R&D content of the project arises primarily from the development of real-time coordination between the robots and the integration of machines and robots through a PLC-based central control architecture incorporating data exchange, handshake scenarios, safety interlocks, and fault-management algorithms. In order for the two robots to operate on the same production line without collisions and with optimized cycle times, task planning, timing, and synchronization algorithms must be developed. In addition, maintaining dimensional conformity after straightening of deformed components, determining robotic

gripping tolerances, and ensuring component stability during transitions between processes involve original engineering activities requiring validation and testing. The integration of the cleaning unit into the process, line layout optimization, cycle-time analysis, and line balancing studies are also considered experimental and iterative development activities. As a result, the project has a high level of R&D content beyond conventional automation applications, particularly in terms of developing robotic process integration for deformation-sensitive components, multi-robot coordination, and smart manufacturing infrastructure. The project is expected to provide significant improvements in production efficiency, product quality, process stability, and manufacturing sustainability.

Keywords: Process Improvement, Robotic Machine Feeding Process Optimization, Mass Production, Reduction of Manual Labor, Increase in Product Quality and Production Capacity, Reduction of Scrap Rates

SOLHAN OVASI'NDA TUZLULUK TEHDİDİ: EKOLOJİK DENGE VE SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Dr. Veysel ALP
Harran University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, 63000 Osmanbey, Şanlıurfa,
ORCID ID: 0000-0001-7880-9879

ÖZET

Toprak tuzluluğu, küresel ölçekte tarımsal üretimi tehdit eden en önemli çevresel sorunlardan biridir. Bu çalışmada, Bingöl ili Solhan Ovası tarım topraklarının tuzluluk durumu, elektriksel iletkenlik (EC), pH, sodyum (Na) içeriği ve ilgili parametreler kapsamında değerlendirilmiştir. Ovanın 85 farklı noktasından 0-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde fiziksel (tekstür, hacim ağırlığı, su içeriği), kimyasal (pH, EC, kireç, Na, KDK, N, P, K, Fe, Zn, Mn, Cu) ve biyolojik (organik madde) analizler yapılmıştır. Bulgular, toprakların genel olarak tuzsuz sınıfında yer aldığını (EC: 553,8 µS cm^{-1}), nötre yakın pH değerine (6,52) ve düşük sodyum içeriğine (51,54 ppm) sahip olduğunu göstermektedir. Ancak organik madde içeriğinin düşük olması (%2,68) ve kimyasal kalite indeksinin "düşük" kategorisinde değerlendirilmesi, uzun vadede tuzlulaşma riskine karşı önlem alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Korelasyon analizleri, EC ile kalsiyum (r=0,52), magnezyum (r=0,45), kireç (r=0,42) ve sodyum (r=0,38) arasında pozitif ve anlamlı ilişkiler olduğunu göstermiştir. Organik madde ile tarla kapasitesi (r=0,48) arasındaki pozitif ilişki, organik maddenin toprağın su tutma kapasitesi üzerindeki olumlu etkisini doğrulamaktadır. Çalışma, Harran Ovası gibi tuzluluk sorunu yaşayan bölgelerle karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, Solhan Ovası'nın mevcut durumda avantajlı konumda olduğunu ancak düşük organik madde ve kimyasal kalite parametrelerinin sürdürülebilir arazi yönetimi açısından risk oluşturduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, organik madde artırıcı uygulamaların (ahır gübresi, yeşil gübreleme, kompost) yaygınlaştırılması, modern sulama tekniklerinin (damla sulama) benimsenmesi, drenaj sistemlerinin iyileştirilmesi ve düzenli toprak analizleri ile tuzluluk parametrelerinin izlenmesi önerilmektedir. Ayrıca, yapay sinir ağları gibi modern tahmin yöntemlerinin toprak kalitesi parametrelerinin hızlı ve maliyet etkin izlenmesinde kullanılması, gelecekte olası tuzlulaşma riskinin erken teşhisine katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Solhan Ovası, toprak tuzluluğu, elektriksel iletkenlik, sodyum, toprak kalitesi, sürdürülebilir tarım

ABSTRACT

Soil salinity is one of the most important environmental problems threatening agricultural production on a global scale. In this study, the salinity status of agricultural soils in the Solhan Plain of Bingöl province was evaluated in terms of electrical conductivity (EC), pH, sodium (Na) content, and related parameters. Physical (texture, bulk density, water content), chemical (pH, EC, lime, Na, CEC, N, P, K, Fe, Zn, Mn, Cu), and biological (organic matter) analyses were performed on soil samples taken from 85 different points in the plain at a depth of 0-30 cm. The findings show that the soils are generally in the non-saline class (EC: 553.8 µS cm^{-1}), have a pH value close to neutral (6.52), and low sodium content (51.54 ppm). However, the low organic matter content (2.68%) and the evaluation of the chemical quality index in the "low" category indicate that precautions should be taken against the risk of salinization in the long term. Correlation analyses showed positive and significant relationships between EC and calcium (r=0.52), magnesium (r=0.45), lime (r=0.42), and sodium (r=0.38). The positive relationship between organic matter and field capacity (r=0.48) confirms the positive effect of organic matter on the soil's water-holding capacity. When evaluated comparatively with regions experiencing salinity problems such as the Harran Plain, the study shows that the Solhan Plain is currently in an advantageous position, but low organic matter and chemical quality parameters pose risks for sustainable land management. In conclusion, it is recommended to expand organic matter-enhancing practices (manure, green manuring, compost), adopt modern irrigation techniques (drip irrigation), improve drainage systems, and monitor salinity parameters through regular soil analyses. In addition, the use of modern prediction methods such as artificial neural networks in the rapid and cost-effective monitoring of soil quality parameters will contribute to the early diagnosis of potential salinization risks in the future.

Keywords: Solhan Plain, soil salinity, electrical conductivity, sodium, soil quality, sustainable agriculture

N,N-TİPİ AMİD TÜREVİ BİR BİLEŞİĞİN KRİSTAL YAPISI VE SUPRAMOLEKÜLER ORGANİZASYONUNUN İNCELENMESİ

Öğr.Gör.Dr. Ümmühan SOLMAZ
Mersin University, Technical Science Vocational School, Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies, 33343, Çiftlikköy, Mersin
ORCID ID: 0000-0002-3697-577X

ÖZET

Amid türevi bileşikler, güçlü hidrojen bağı oluşturma yetenekleri ve çeşitli nonkovalent etkileşimler aracılığıyla düzenli kristal paketlenmeleri meydana getirmeleri nedeniyle kristal mühendisliği ve supramoleküler kimya alanlarında önemli bir araştırma konusu oluşturmaktadır. Özellikle *N,N*-tipi amid türevleri, sahip oldukları çoklu hidrojen bağı verici ve alıcı merkezler sayesinde farklı supramoleküler motiflerin ve kristal paketlenme düzenlerinin oluşumuna olanak sağlamaktadır. Bu özellikleri nedeniyle söz konusu bileşikler; moleküler tanıma, kristal tasarımı, fonksiyonel organik malzemeler ve farmasötik katı hâl kimyası gibi birçok alanda ilgi görmektedir. Kristal yapılarda gözlenen hidrojen bağları ile zayıf nonkovalent etkileşimlerin ayrıntılı olarak incelenmesi, moleküler organizasyonun anlaşılmasının yanı sıra yeni fonksiyonel kristal yapıların tasarlanmasına yönelik önemli bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmada, *N,N*-tipi amid türevi bileşiğin kristal yapısı ve supramoleküler organizasyonu tek kristal X-ışını kırınımı yöntemi kullanılarak ayrıntılı olarak araştırılmıştır.

Kristal yapı analizi sonucunda bileşiğin moleküler geometrisi, bağ uzunlukları, bağ açıları ve konformasyonel özellikleri belirlenmiş, kristal paketlenmesini yönlendiren moleküller arası etkileşim ağı ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Yapıda bulunan amid gruplarının molekül içi ve moleküller arası hidrojen bağı etkileşimlerinin oluşumunda temel rol oynadığı belirlenirken, C–H···O, C–H···π ve Cl···H etkileşimlerinin de kristal yapının kararlılığına önemli katkılar sağladığı görülmüştür. Bu etkileşimlerin ortak etkisiyle karakteristik hidrojen bağı sentonları meydana gelmekte ve moleküller belirli kristalografik doğrultular boyunca düzenli olarak organize olarak üç boyutlu supramoleküler bir ağ oluşturmaktadır. Sentonların birbirini tamamlayan zayıf nonkovalent etkileşimlerle desteklenmesi, kristal mimarisinin sürekliliğini sağlayarak paketlenmenin bütünlüğünü ve yapısal kararlılığını artırmaktadır.

Bu çalışma, hidrojen bağı sentonlarının ve zayıf nonkovalent etkileşimlerin kristal paketlenmesindeki tamamlayıcı rollerini açıklayarak *N,N*-tipi amid türevlerinin supramoleküler davranışlarının anlaşılmasına katkı sağlamakta ve kristal mühendisliği ile

fonksiyonel moleküler malzeme tasarımına yönelik gelecekte gerçekleştirilecek araştırmalar için önemli yapısal bilgiler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *N*,*N*-tipi amid türevleri, tek kristal X-ışını kırınımı, supramoleküler mimari, hidrojen bağı sentonları.

INVESTIGATION OF THE CRYSTAL STRUCTURE AND SUPRAMOLECULAR ORGANIZATION OF AN *N*,*N*-TYPE AMIDE DERIVATIVE

ABSTRACT

Amide derivatives constitute an important class of compounds in crystal engineering and supramolecular chemistry owing to their ability to form strong hydrogen bonds and well-defined crystal packing through a variety of non-covalent interactions. In particular, *N*,*N*-type amide derivatives, possessing multiple hydrogen-bond donor and acceptor sites, facilitate the formation of diverse supramolecular motifs and crystal packing architectures. These structural characteristics have attracted considerable attention for applications in molecular recognition, crystal design, functional organic materials, and pharmaceutical solid-state chemistry. Therefore, elucidating the role of hydrogen bonding and weak intermolecular interactions in crystal structures is essential for understanding molecular organization and for the rational design of new supramolecular architectures. In this study, the crystal structure and supramolecular organization of an *N*,*N*-type amide derivative were comprehensively investigated by single-crystal X-ray diffraction analysis.

The crystallographic investigation revealed the molecular geometry, bond lengths, bond angles, and conformational features of the compound, while providing detailed insight into the intermolecular interaction network governing the crystal packing. The amide groups were found to play a key role in the formation of both intra- and intermolecular hydrogen bonds. In addition, C–H···O, C–H···π, and Cl···H interactions were identified as important contributors to the stabilization of the crystal structure. The cooperative interplay of these interactions gives rise to characteristic hydrogen-bond synthons, which direct the molecules into an ordered three-dimensional supramolecular framework along specific crystallographic directions. Furthermore, the hydrogen-bond synthons, reinforced by complementary weak non-covalent interactions, enhance both the structural integrity and packing stability of the crystal architecture.

The results demonstrate that hydrogen bonds in *N*,*N*-type amide derivatives not only mediate intermolecular association but also act cooperatively with C–H···O, C–H···π, and Cl···H interactions to govern the formation of the supramolecular architecture. Consequently, this

study provides valuable insight into the complementary roles of hydrogen-bond synthons and weak non-covalent interactions in crystal packing, contributing to a deeper understanding of the supramolecular behavior of *N*,*N*-type amide derivatives and providing a structural basis for future studies in crystal engineering and the design of functional molecular materials.

Keywords: *N*,*N*-type amide derivatives; single-crystal X-ray diffraction; supramolecular architecture; hydrogen-bond synthons.

MAHMUT KAŞGARİNİN "DİVANÜ LÜĞAT-İT-TÜRK" ESERİNDE TÜRKLERİN VE OĞUZLARIN YAŞADIKLARI TARİHİ-COĞRAFİ MEKAN

Doç. Dr. Yaqut Quliyeva
Üzeyir Hacıbeyli adına Bakü Müzik Akademisi
"İnsani Bilimler" Kürsüsünün Baş Öğretim Görevlisi
yaqutquliyeva13@gmail.com
ORCID: 0009-0003-4779-7010

ÖZET

XI. yüzyılın ikinci yarısında Mahmut Kaşgari "Divan"da Türklerin yaşadığı coğrafi alanı daha geniş bir şekilde tasvir eder: Rum Bizans sınırından Çin'e kadar: "Rum ülkesinden tutup Maçin'e kadar Türk illerinin hepsinin (uzunluğu) beş bin, eni üç bin fersah, tamamı sekiz bin fersahtır". "Bugün uzunluğu beş bin fersah, eni üç bin fersah, toplamı sekiz bin fersah olan Türk ülkesinin sınırlarının uçları Abisgün (Hazar) denizinde birleşerek Rum diyarından ve Özcend'den Çin'e kadar uzanır". İlginçtir ki, Mahmut Kaşgari Türklerin tam da Rum sınırından başlayarak yaşamalarını sadece bir kez değil, birkaç kez hatırlatır. Türklerin ana vatanına, bu anlamda, Rum sınırından doğuda Hazar denizine kadar olan topraklar da dahildir. Mevcut edebi – Sümer destanları, Sümer mitolojisi, Bulgarların "Şan Kızı" destanı, "Dede Korkut Kitabı" ve bilimsel eserlerin derinlemesine araştırılması ve analizi temelinde Türklerin Ön Asya'da, bu cümleden kadim Sümerlerle komşulukta yaşamaları kanaatine varan akademisyen Tofiq Hacıyev yazıyor ki, Medya ve Manna ile ilgili onomastiğin analizi de bu devletlerin topraklarında Türk boylarının varlığına delalet eder... Sümer'de öyle örneklere, olaylara da rastlıyoruz ki, onlar Türklerde gördüklerimizle, Türk'ün tarihinden tanıdıklarımızla doğrudan bağdaşmaktadır. Mahmut Kaşgari "Divan"da bildirir ki, Rum ülkesine en yakın olan boy Peçenek'tir. Sonra Kıpçak, Oğuz, Yemek, Başkırt, Basmıl, Kay, Yabaku, Tatar, Kırgız gelir. Kırgızlar Çin ülkesine yakındırlar. Gördüğümüz gibi, Mahmut Kaşgari Türklerin yaşadığı alanın Rum ile Çin arasında kalan topraklar olduğunu bildirir. Büyük Türkolog yukarıda sunulan alıntılardan da anlaşıldığı gibi, bu toprakların sadece Türk toprakları olduğunu söylemekle yetinmeyerek, hangi Türk boyunun bu topraklardan tam olarak nerede yaşadığını, nerede yerleştiğini göstermekle birlikte, onların şehirlerinin, göllerinin, nehirlerinin ve sair alanlarının yerlerini de kesin olarak bildirir.

Anahtar Kelimeler: Oğuzlar, Türkler, Divan, Dede Korkut, Mahmut Kaşgari, Hazar Denizi.

HISTORICAL-GEOGRAPHICAL SPACE OF TURKS AND OGHUZES IN MAHMUD KASHGARI'S "DIVANU LUGAT IT-TURK"

ABSTRACT

In the second half of the 11th century, Mahmud Kashgari describes the geographical domain inhabited by Turks in a more comprehensive manner in the "Divan", extending from the

Byzantine Rum border to China: "From the land of Rum to Machin, the length of all the Turkish lands is five thousand farsakhs, their width is three thousand farsakhs, making a total of eight thousand farsakhs." "Today, the boundaries of the Turkish realm, which measures five thousand farsakhs in length, three thousand farsakhs in width, and eight thousand farsakhs in total, converge at the Abisgun (Caspian) Sea and stretch from the land of Rum and Ozjand to China." Remarkably, Mahmud Kashgari emphasizes multiple times - rather than just once - that the Turks inhabited regions starting precisely from the Rum frontier. In this context, the lands extending eastward from the border of Rum to the Caspian Sea are also included in the ancestral homeland of the Turks. On the basis of in-depth research and critical analysis of existing literary works - Sumerian epics, Sumerian mythology, the Bulgar epic "Shan Qizi" (Daughter of Shan), the "Book of Dede Korkut" - as well as academic studies, Academician Tofig Hajiyev, who concluded that the Turks lived in Near Asia, including in proximity to the ancient Sumerians, writes that the analysis of onomastics related to Media and Manna also testifies to the presence of Turkic tribes in the territories of these states... In Sumer, we also encounter such examples and phenomena that resonate directly with what we observe among the Turks and what we know from Turkic history. Mahmud Kashgari states in the "Divan" that the tribe closest to the land of Rum is the Pechenegs. Following them are the Kipchaks, Oghuzes, Yemeks, Bashkirs, Basmils, Kays, Yabakus, Tatars, and Kyrgyz. The Kyrgyz are situated close to China. As observed, Mahmud Kashgari indicates that the territory inhabited by the Turks lies between Rum and China. As evident from the aforementioned citations, the great Turkologist did not merely confine himself to stating that these lands were Turkic, but also identified precisely where each Turkic tribe resided and settled within these territories, accurately detailing the locations of their cities, lakes, rivers, and other geographical areas.

Keywords: Oghuzes, Turks, Divan, Book of Dede Korkut, Mahmud Kashgari, Caspian Sea.

GIRIŞ

Türkoloji ədəbiyyatda türkdilli xalqların tarixən yaşadıqları, məskun olduqları ana vətənləri haqqında elmi fikir aşağı-yuxarı təqribən türk tədqiqatçısı Faruq Sümərin qeyd etdiyi şəkildədir: “Türkcə danışan kütlənin Orta Asiyadakı əsil ana yurdunun hara olduğu üzərində keçmişdən bəri bəzi fikirlər irəli sürülmüşdür. Bizim fikrimizcə, bu kütlənin əsas vətəni 145-150 dərəcə en dairələri arasındakı Abakan, Tuba ərazisinin də daxil olduğu Kəm irmağı, yəni Yenisey boyu və ona yaxın yerlər olmalıdır”(Faruq Sümər. Oğuzlar. Tərcümə edən Ramiz Əskər. Bakı, 1992, 428 s).

ƏSAS MƏTN

XI əsrin ikinci yarısında Mahmud Kaşğari türklərin yaşadığı coğrafi ərazini daha geniş şəkildə təsvir edir: Rum – Bizans sərhəddindən Çinə qədər: “Rum ölkəsindən tutmuş Maçinədək türk ellərinin hamısının boyu (uzunluğu) beş min, eni üç min fərsəx, tamamı səkkiz min fərsəxdir”. “Bu gün uzunluğu beş min fərsəx, eni üç min fərsəx, cəmisi səkkiz min fərsəx olan türk ölkəsinin sərhədlərinin ucları Abisgün (Xəzər) dənizində birləşərək Rum diyarından və Özçənddən Çinə qədər uzanır” . Maraqlıdır ki, Mahmud Kaşğari türklərin məhz Rum sınırından başlayaraq yaşamalarını bircə dəfə yox, bir neçə dəfə xatırladır. Və bizə elə gəlir ki, bu mənada, türklərin ana vətəni dedikdə Faruq Sümərin və başqa görkəmli türkoloqların dediyi kimi, bu fikri yalnız Tuba, Abakan və onlara yaxın olan ərazilərlə məhdudlaşdırmaq olmaz. Türklərin ana vətəninə, bu mənada, Rum sərhəddindən şərqdə Xəzər dənizinə qədər olan torpaqlar da daxildir. Mövcud bədii – şumer dastanları, şumer mifologiyası , bulqarların “Şan qızı” dastanı (Hacıyev T. “Şan qızı dastanı”nın coğrafiyası. Dədə-Qorqud elmi-ədəbi toplu. Bakı, 2005, 4, s.32-39),

Dədə Qorqud kitabı və elmi əsərlərin dərindən araşdırılması və təhlili əsasında türklərin Ön Asiyada, o cümlədən qədim şumerlilərlə qonşuluqda yaşamaları qənaətinə gələn prof.T.Hacıyev yazır: “Midiya və Manna ilə bağlı onomastikanın təhlili də həmin dövlətlərin ərazilərində türk tayfalarının varlığına dəlalət edir”. Digər bir məqaləsində isə prof. T.Hacıyev Qədim Azərbaycan dövlətləri Aratta, Manna, Midiya şumerlə bir dövrdə və bir sərhəd boyunca yaşamışlar... Şumerdə elə nümunələrə, hadisələrə də rast gəlirik ki, onlar türkdə gördüklərimizlə, türkün tarixindən tanıdıqlarımızla bilavasitə səsləşir: bu sırada şumerin qonşuluğundakı coğrafiya və bu coğrafiyanın sakinləri diqqəti çəkir fikrini söyləyir . Deməli, prof. T.Hacıyevin də qənaətinə görə, türklər Ön Asiyada ən qədim zamanlarda, hətta şumer dövründə də yaşamışlar. Türklərin Ön Asiyada, o cümlədən Azərbaycan və Arran ərazilərində ən qədim zamanlardan yaşamalarını prof. Firidun Ağasıoğlu da öz əsərlərində sübuta yetirir (Ağasıoğlu Firidun. Azəri xalqı. Bakı, 2000, 431 s.). Mahmud Kaşğari də Rumdan şərqdəki torpaqlarda türklərin daha qədimdən yaşadıqlarını bildirir. Belə ki, səlcuqların Ön Asiyaya, daha konkret desək, Xəzər dənizinin qərbinə yürüşünü XI əsrlə bağlasaq, onda Mahmud Kaşğarinin dediyi sözlərin əhəmiyyəti bir daha aydınlaşar. Çünki Mahmud Kaşğarinin qələmə aldığı “Divan”ın yazılma tarixi, 1072-74-cü illər, təqribən səlcuqların Ön Asiyaya ilk yürüşləri olan 1071-ci ildə baş vermiş Malazgird döyüşü ilə üst-üstə düşür. Bu isə o deməkdir ki, oğuz-səlcuq türkləri buraya yeni gəlməyə başlamış, yerli türklər isə burada daha qədim zamanlardan məskunlaşmışlar. Mahmud Kaşğari Rumdan

şərqdəki torpaqlarda qədim zamanlardan türklərin yaşadığı faktını çox sadə və sakit şəkildə qələmə almışdır. Onun bu faktı müxtəlif məqsədlərlə yeri gəldikcə çox adi şəkildə deməsi fikrimizi bir daha təsdiq etməyə imkan verir. " Rum ölkəsinin yaxınlığından şərqə doğru tərtib etməklə şərqdəki müsəlman olan və olmayan oğuz boylarının yerlərini də bildirdim. Rum (Bizans) ölkəsinə ən yaxın olan boy bəçənəkdir. Sonra kıfçak (qıpçaq), oğuz, yəmək, başğırt, basmıl, kay, yabaku, tatar, kırkız (qırğız) gəlir. Qırğızlar Çin ölkəsinə yaxındırlar. Bu boylar Rum ölkəsinin sərhəddindən şərqə doğru bu ardıcıllıqla məskunlaşmışlar: çıgıl, toxsı, yağma, uğrak, çaruk, çomul, uyğur, tanqut, xıtay. Xıtay - Çindir. Sonra isə Tabğac gəlir. Ora - Maçindir. Bu boylar cənubla şımal arasında yerləşirlər. Onların hamısının yerlərini bu dairə içində göstərdim" . "Rum diyarındakı bəçənəklərə qədər suvar və bulğar dilləri bir çox sözlərin sonu kəsilib qısaldılmış türk dilidir" . "Sözün qısası, çigil dilindəki dh hərfi qərbdə Rum diyarına, şərqdə Çinə qədər uzanan bütün yağma, toxsı, oğuz boyları ilə arğuların bəzilərinin dilində y olur. Rum ölkəsinə doğru uzanan qıpçaqlar və onlara uyanlar tərəfindən dh hərfi z kimi deyilir" . "Rum ölkəsindən Çinə qədər bütün oğuzlar və köçərilər davamlılıq bildirən ka və ğ hərflərini qısalıq üçün atırlar". " Yuxarı Çinə qədər çigil, yağma, toxsı dillərində sözlər zəmməli, Rum ölkəsinə qədər oğuzlar, suvarlar və qıpçaqların dilində fəthəli olur" (Divanü lüğat-it-türk.Tercümesi. Çeviren BesimAtalay. I,II,III cilt. Ankara, 1985, 1986).

Həmçinin gördüyümüz kimi, Mahmud Kaşğari türklərin yaşadığı ərazinin Rumla Çin arasından olan torpaqlar olduğunu bildirir. Böyük türkoloq yuxarıda gətirilən sitatlardan da aydınlaşdığı kimi, bu torpaqların sadəcə türk torpaqları olduğunu deməklə kifayətlənməyərək, hansı türk tayfasının, hansı türk boyunun bu torpaqlardan məhz harada yaşadığını, harada məskun olduqlarını göstərməklə bərabər, onların şəhərlərinin, göllərinin, çaylarının və sairə ərazilərinin yerlərini də dəqiq bildirir. " *Edhgiş* Özçənddə yerləşən bir türk oymağı. Əsli egdhişdir. Bu sözdə alt-üst olmaq mənası vardır". "*Ötükən* Tatarıstan çollərində bir yer adı, uyğur elinə yaxındır". "*Aramut* Uyğur ellərinə yaxın bir yerdə yaşayan bir türk boyu". "*Talas* Taraz adı ilə tanınan bir şəhər. Talas ikidir, birinə Uluğ Talas deyilir, ikincisi islam sərhəddindədir, Kəmi Talas adlanır". "*Bulak*: türklərdən bir oymaq. Qıpçaqlar onları əsir etmişdilər, sonra ulu Tanrı onları xilas etdi və adları "əlkə bulak" oldu" . "*Çaruk* türklərdən bir oymaq olub Barçukda yaşayırlar. Barçuk Əfrasiyabın şəhəridir". "*Çigil* türklərdən üç boyun adıdır. Birisi köçəri olub Kuyasda yaşayır. İkincisi Tıraz (Talas) yaxınlığında bir qəsəbədə yaşayır. Bunlara da yuxarıdakı kimi çigil deyilir... Çigillərin üçüncü oymağı Kaşğa-rdakı bəzi kəndlərdir. Bu kəndlərin xalqına çigil deyilir" . "*Tatar* türklərin bir boyu". "*Tərbin*

türklərin bir boyudur". "*Saxsın* bulğarlara yaxın bir şəhərdir. Bu, Suvardır". "*Sitgün* oğuz şəhərlərindən biri" . "*Bulğar* hamının tanıdığı bir türk şəhəri". "*Kəşmir* türk ellərində bir şəhərin adı. Bu şəhəri tanrı peyğəmbəri Süleyman salmışdır". "*Mankışlağ* oğuz diyarında bir yer adı" . "*Barçuk* Əfrasiyabın saldığı bir şəhərdir. O, burada Buxtun Nəssərin oğlu Beyzəni həbs etmişdi" . "*Suğnak* oğuz şəhərlərindən biri". "*Karnak* oğuz şəhərlərindən biri" . "*Karluk* köçəri türklərin bir boyunun adı. Oğuzlardan ayrıdırlar, oğuzlar kimi türkməndirlər" . "*Kıfçak* türklərin bir boyu" . "*Kənçək* bir türk boy". "*Kənçək Sənqir* Talas yaxınlığında bir şəhərin adı. Bura qıpçaq sərhəddidir" . "*Basmıl* bir türk boyu" . "*Karaçuk* Fərab şəhərinin adı. Bu, oğuz şəhərlərindən biridir" . "Çinə varıncaya qədər *uyğur, arğu, çigil, toxsı, yağma* kimi türk boylarının böyük bir qismi keçmiş zamanın "di" şəkilçisi ilə yarandığı barədə yekdildilər. Bunlar keçmiş zamanda "bardı" deyirlər. Suvarlar, qıpçaqların bir qismi və oğuzlar fərqli düşünürlər..." . "*Yava* "yawa" da deyilir. Oğuzların bir boyudur" . "*Yafğu* Barsğan yaxınlığında bir şəhər adı" . "*Yalğa* Kara Yalğa - Türk diyarı ilə Fərqanə arasında sıldırım bir yer" . "*Yağma* türklərin bir boyunun adı. Bunlara "Kara yağma" da deyilir" . "*Yağma* Taraz yaxınlığında bir kəndin adı". "*Yabaku* türklərin bir boyu" . " Yabaku "*Yabaku suwı*" öz mənbəyini Kaşğar dağlarından alan, Fərqanə ilə Özçənd arasında axan çay". "*Kaz* bəzi türklər Qəzvini türk şəhəri sayır, türk ölkəsinin sərhəddini oradan başlayırlar. Kum (Qum) şəhəri də türk ölkəsi hüdudları içində sayılır. Çünki "Kum" sözü türkcədir" . "*Mankışlağ* oğuz ölkəsində bir yer adı". "*Mankənt* Kaşğar yaxınlığında bir şəhərin adı" . "*Kay* türklərdən bir bölük boy" . "*Kayığ* oğuzların qayı boyu" . "*Bayat* oğuzlardan bir oymağın adı" . "*Sayram* İsbicab da deyilən Beyza şəhərinin adı. Bu şəhərə Sayram da deyilir" . "*Karlukladı* Karluqlar bir türkmən boyudur" . "*Yunqu* Barman qəsəbəsinə axan böyük bir çayın adıdır" . "*Barsğan* bu şəhər Mahmudun atasının şəhəridir" (Mahmud Kaşğari. "Divanü lüğat-it-türk" Tərcümə edən və nəşrə hazırlayan Ramiz Əskər. I cild, II cild. Bakı, 2006, 512 s.)

NƏTİCƏ

Beləliklə, gördüyümüz kimi, böyük türkoloq Rum sərhəddindən Çinə qədər oğuz, qıpçaq, başqırt, basmıl, tatar, qırğız, uyğur və s. türk xalqlarının adını çəkərək onların yerləşdiyi coğrafi məkan, həmin xalqların məskun olduqları ərazi, adət-ənənələri, dinləri, dillərinin xüsusiyyətləri, ən böyük şəhərləri, gölləri, dağları, dərələri və s. haqqında məlumat verir. Mahmud Kaşğarinin "Divan"da ən geniş şəkildə məlumat verdiyi türk xalqlarından biri də oğuzlardır.

zlar haqqında hələ VII-VIII əsrlərdə "Orxon-Yenisey kitabələri"ndə məlumat verilsə də, türkoloji ədəbiyyatda oğuzların artıq IX-XI əsrlərdə Sırdərya, Amudərya hövzələrində və

onlara yaxın olan bölgələrdə yaşadıqlarını görürük. Mahmud Kaşğari də oğuzların əsasən bu bölgədə daha çox məskun olduğunu bildirir. Belə ki, Mahmud Kaşğariyə görə Sitkün, Manqışlaq, Suğnaq, Qərnağ oğuz şəhərləri olub, Xəzərin şərqində yerləşmişlər. Amma bir qədər yuxarıda dediyimiz kimi, Mahmud Kaşğari türkün sərhəddini qərbdə Rum sərhəddindən başlayır. Və burada Rum sərhəddində konkret olaraq hansı tayfanın, hansı türkdilli xalqın yaşadığını dəqiq göstərir: "Bəçənək, Rum yaxınlığında yaşayan türk boyu..." Kaşğari bir neçə yerdə açıq-aşkar yazır: " Rum (Bizans) ölkəsinə ən yaxın olan boy bəçənəkdir..." Rum diyarındakı bəçənəklərə qədər..." (Mahmud Kaşğari. "Divanü lüğat-it-türk" Tərcümə edən və nəşrə hazırlayan Ramiz Əskər. I cild, II cild. Bakı, 2006, 512 s.)

Böyük türkoloqun sözlərinə görə bəçənəklər oğuzdurlar. Biz "Divan"ın ilk və sonrakı səhifələrində bunun məhz belə olduğunu görürük. Doğrudur, türkoloji ədəbiyyatda bəzən beçeneqləri iki qrupa ayırmışlar. Məsələn, Faruq Sümər yazır: "X əsrin birinci rübünə doğru Cəm (Əmba) ilə Yayıq (Ural) çayları arasında peçeneqlər yaşayırdı. Bəhs edilən dövrdə onların əsl ana qolu Qara dənizin şimalındakı torpaqların hakimi idi. Qüvvətli ehtimala görə peçeneqlər on oxlara mənsub boydurlar. Və onların oğuzlarla heç bir qövmi münasibətləri yoxdur. Yəni onlar 24 oğuz boyundan biri olan peçeneqlər ilə eyni təşəkkül deyildir" (Faruq Sümər. Oğuzlar. Tərcümə edən Ramiz Əskər, Bakı,1992, 428 s.). Amma bizə elə gəlir ki, Mahmud Kaşğari Rum sınırından danışarkən məhz oğuz olan beçeneklərdən bəhs edir. Mahmud Kaşğari "Divan"da açıq-aşkar yazır : " Bəçənək – bir oğuz boyu. Bu söz Biçənək şəklində də yazılır." (Mahmud Kaşğari. "Divanü lüğat-it-türk" Tərcümə edən və nəşrə hazırlayan Ramiz Əskər. I cild, II cild. Bakı, 2006, 512 s.). Gördüyümüz kimi, Mahmud Kaşğari Rum sınırına yaxın ərazilərdə yaşayan türklərdən danışarkən 24 oğuz boyundan beçeneklərin adını çəkir. Sonrakı məlumatlarında isə beçeneklərin məhz oğuz olduğunu dolayısı yolla da bir neçə dəfə xatırladır: "Rum ölkəsindən Çinə qədər bütün oğuzlar və köçərilər..." (Mahmud Kaşğari. "Divanü lüğat-it-türk" Tərcümə edən və nəşrə hazırlayan Ramiz Əskər. I cild, II cild. Bakı, 2006, 512 s.), "Rum ölkəsinə qədər oğuzlar, suvarlar və qıpçaqlar..." (Mahmud Kaşğari. "Divanü lüğat-it-türk" Tərcümə edən və nəşrə hazırlayan Ramiz Əskər. III cild. Bakı, 2006, 400 s.)) və sairə. Deməli, buradan belə bir nəticə çıxır ki, ən azı Mahmud Kaşğari dövründə Rum diyarına yaxın ərazilərdə türkdilli tayfalardan məhz oğuzlar, oğuz tayfalarından isə beçeneklər məskun olmuşlar.

ƏDƏBİYYAT

1. Ağasıoğlu Firidun. Azəri xalqı. Bakı,2000, 431 s.
2. Budaqova Z., Hacıyev T. Azərbaycan dili. Bakı, 1992, 199 s.
3. Bünyadov Z. Azərbaycan VII-IX əsrlərdə. Bakı, 2004, 390 s.
4. "Divanü lüğat-it-türk" Tercümesi. Çeviren Besim Atalay I, II,III c. Ankara, 1985, 1986.

5.Faruq Sümər. Oğuzlar. Tərcümə edən Ramiz Əskər. Bakı, 1992, 428 s.
6. HacıyevT., Əzizov E. Buntürklər kimdir? Ulduz, 1989, “2
7.Hacıyev T. “Şan qızı dastanı”nın coğrafiyası. Dədə-Qorqud elmi-ədəbi toplu. Bakı, 2005, 4, s.32-39.
8. Mahmud Kaşğari, “Divanü lüöat-it-türk”. Tərcümə edən Ramiz Əskər, I,II.III c.2006, 512 s.

OSMANLI YARGISINDA ŞÜHÛDU'L HÂL: FULLER'IN HUKUKUN İÇ AHLAKI TEORİSİ ÇERÇEVESİNDE BİR DEĞERLENDİRME

Asst. Prof. Dr. Dilara Buket Didin
Ankara Hacı Bayram Veli University, Faculty of Law, Department of Philosophy and Sociology of Law, University, Faculty of Science, Ankara
ORCID ID: 0000-0001-9147-4241

ÖZET

Osmanlı Devleti'nde hukuki uyuşmazlıkların çözüldüğü temel kurum devletin kuruluşundan XIX. yüzyıla kadar, şer'iyye mahkemeleri olmuştu. İslam hukukunda birden fazla hâkimli mahkemeler mümkün iken, uygulama tek hâkimli mahkemeler şeklinde ortaya çıkmıştı. Tek hâkimli şer'iyye mahkemelerinde dava dinleyip, hüküm kurma yetkisine sahip olan kadılardı. Kadılara yargılamayı yerine getirmede yardımcı belli başı görevliler ortaya çıkmıştı. Şer'iyye mahkemelerinde yapılan yargılamaya katılan ve bölgenin ileri gelenlerinden oluşan sayıları otuzu bulabilen kişilerden oluşman şühûdü'l hâl, kadılara yargılamada yardımcı olan görevlilerdendi. Şühûdü'l hâl, Osmanlı Amasya Şer'iyye Sicili'nde "hüccetin zeylinde kayd olunan kimesneler" şeklinde yapılmıştı.

Şühûdu'l hâl, eski kadıların yanı sıra, kazasker, müftüler, müderrisler, esnaf şeyhleri, âyan ve tahsildarlar, muhzırlar, mimarbaşıları, muhtesipler ve diğer âlimlerden oluşmaktaydı. Dolayısıyla şühûdu'l hâl, geliş güzel seçilmemekte; çoğunlukla bölgenin ileri gelenlerinden tercih edilmekteydi. Fakat halktan kişiler de, şühûdu'l hâl olabilmekteydi. Osmanlı Devleti'nde duruşmalar aleni olduğu için isteyen herkes şühûdu'l hâl olarak duruşmalara katılabilmekteydi. Şühûdu'l hâl üyeleri, hukuki konulardan çok, ticaret, zanaat, maliye ve araziye ilişkin sorunlarda mahalli uygulama ve örfi hukuk ve gelenekler konusunda kadıyı aydınlatarak danışmanlık yapmıştır. Ayrıca kadı, karar verirken, daha fazla bilgiye ihtiyaç duyduğunda, bilirkişi(ler) olarak şühûdu'l hâle başvurmuştur. Şühûdu'l hâl, kadının hükmüne şahitlik etmekte ve belgelerin altında ismi geçmekteydi.

Lon L. Fuller, bir hukuk düzeninin yalnızca maddi hukuk kurallarından ibaret olmadığını, hukuk olarak nitelendirilebilmesi için hukukun iç ahlakını oluşturan sekiz ilkeye uygun işlemesi gerektiğini ileri sürmektedir. Bu bildiride, şühûdu'l hâl kurumu Fuller'ın hukukun iç ahlakı teorisi çerçevesinde değerlendirilecektir. Bu kapsamda, şühûdu'l hâlin aleni yargılamanın önemli bir unsuru olarak yargısal faaliyeti kamusal denetime açık hâle getirmesi ve resmî uygulamanın ilan edilen hukuk kurallarıyla uyum içinde yürütülmesine sağladığı kurumsal güvence bakımından taşıdığı işlev ele alınacaktır.

Anahtar kelimeler: Şühûdu'l hâl, Lon L. Fuller, hukukun iç ahlakı, aleni yargılama

ŞÜHÛDU'L HÂL IN THE OTTOMAN JUDICIARY: AN EVALUATION WITHIN THE FRAMEWORK OF FULLER'S THEORY OF THE INTERNAL MORALITY OF LAW

ABSTRACT

The principal institution for the resolution of legal disputes in the Ottoman Empire, from its foundation until the nineteenth century, was the *sharia* courts (*şer'iyye mahkemeleri*). Although Islamic law allowed for courts composed of more than one judge, in practice the judicial system was organized as single-judge courts. In these courts, the *qadi* (judge) was vested with the authority to hear cases and render judgments. To assist the *qadi* in the administration of justice, various judicial officials emerged. Among them was the *şühûdü'l hâl*, a body composed of individuals participating in court proceedings, generally consisting of prominent members of the local community and sometimes numbering as many as thirty. In the Amasya *Şer'iyye* Register, the *şühûdü'l hâl* was defined as "those persons whose names are recorded at the end of the legal document (*hüccet*)."

The *şühûdü'l hâl* consisted of former *qadis*, *kazaskers* (chief military judges), *muftis*, *mudarrises* (professors), guild sheikhs, local notables (*ayan*), tax collectors, court officers (*muhzırs*), chief architects, market inspectors (*muhtesibs*), and other scholars. Accordingly, its members were not selected arbitrarily but were generally chosen from among the distinguished members of the locality. Nevertheless, ordinary citizens could also serve as members of the *şühûdü'l hâl*. Since court hearings in the Ottoman Empire were conducted publicly, anyone could attend the proceedings as a member of the *şühûdü'l hâl*.

Rather than advising on legal issues, members of the *şühûdü'l hâl* assisted the *qadi* by providing information on local practices, customary law, and traditions, particularly in disputes concerning commerce, crafts, finance, and land. Furthermore, whenever the *qadi* required additional information before reaching a decision, he could consult the *şühûdü'l hâl* as expert witnesses. The *şühûdü'l hâl* also witnessed the *qadi*'s judgment, and their names were recorded beneath the judicial documents.

According to Lon L. Fuller, a legal system cannot be regarded as law merely because it consists of substantive legal rules; rather, it must operate in accordance with the eight principles constituting the internal morality of law. This paper evaluates the institution of the *şühûdü'l hâl* within the framework of Fuller's theory of the internal morality of law. It examines the institution's role as an important component of public judicial proceedings, its contribution to subjecting judicial activity to public scrutiny, and its function as an institutional safeguard for ensuring that official action is carried out in conformity with publicly declared legal rules.

Keywords: *Şühûdu'l Hâl*, Lon L. Fuller, the Internal Morality of Law, public judicial proceedings.

ANDRES SEGOVIA'NIN 20. YÜZYIL KLASİK GİTAR REPERTUARININ OLUŞUMUNDAKİ ROLÜ

Dr. Öğr. Üyesi İLTER CEBECİ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi MSSF
ilter.cebeci@comu.edu.tr
ORCID:0009-0001-3027-8092

ÖZET

Bu çalışma, Andres Segovia'nın (1893–1987) 20. yüzyıl klasik gitar repertuvarının oluşumundaki rolünü; bestecilik ve yorumculuk yönleriyle birlikte çok sayıda besteciyi gitar için yeni eserler üretmeye teşvik etmesi, farklı enstrümanlar için yazılmış pek çok eseri gitara uyarlaması ve editörlük yönleriyle incelemeyi amaçlamaktadır. Segovia, klasik gitarın yalnızca uluslararası alanda tanınmasını sağlayan önemli bir yorumcu değil, aynı zamanda gitar için yeni bir repertuvarın oluşumunda etkin rol oynayan çok yönlü bir müzisyendir.

20. yüzyılın başlarına kadar klasik gitar enstrümanının teknik yönlerinin diğer çalgılara kıyasla daha zayıf oluşu, çoğunlukla gitarist bestecilerin gitar için eserler yazmış olması, piyano, keman gibi çalgıların popülerliği ile birlikte, opera, senfoni ve oda müziğinin daha popüler türler oluşu gibi pek çok sebeple gitar repertuarı diğer pek çok çalgıya göre daha sınırlı kalmıştır. Bu durum Segovia'nın repertuvar geliştirmeye yönelik çalışmalarının temel hareket noktalarından biri olmuştur. Bununla birlikte müzikal kişiliği ve eğitimci yönü de klasik gitar dünyasında yeni bir neslin oluşumunda büyük rol oynamıştır.

Çalışmada öncelikle Segovia'nın yorumcu kimliği ve Isaac Albéniz (1860-1909), Johann Sebastian Bach (1685-1750) gibi farklı dönem bestecilerinin başka enstrümanlar için yazdığı eserlerini, gitar repertuvarına kazandırmak amacıyla gerçekleştirdiği transkripsiyon çalışmaları ele alınmıştır. Ardından Segovia'nın çağdaş bestecilerle kurduğu ilişkiler ve bu ilişkilerin yeni gitar eserlerinin ortaya çıkışındaki etkisi incelenmektedir. Bu kapsamda Manuel María Ponce (1882–1948), Heitor Villa-Lobos (1887–1959), Mario Castelnuovo-Tedesco (1895–1968), Alexandre Tansman (1897–1986) ve Joaquín Rodrigo (1901–1999) gibi değerli bestecilerin gitar için özgün eserler üretmelerinde Segovia'nın rolü değerlendirilmektedir. Çalışma ayrıca Segovia'nın eğitimci kimliğinin gitar eğitiminin sistematikleşmesi ve yaygınlaşmasına yönelik doğrudan ve dolaylı etkilerini incelemektedir.

Çalışma, tüm bu çok yönlülüğü ve özverili çalışmaları ile 20. yüzyıl klasik gitar repertuvarını geçmiş ve geleceği bir araya getirerek oluşturan Andres Segovia'nın klasik gitar tarihindeki önemli yerini farklı yönleriyle ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Andres Segovia, Klasik Gitar, 20. Yüzyıl Müziği, Gitar Repertuvarı, Transkripsiyon

ABSTRACT

This study aims to examine Andres Segovia's (1893–1987) role in the formation of the 20th-century classical guitar repertoire within the contexts of his performance practice, transcription and editorial work, relationships with composers, and identity as an educator. In addition to being an important performer who contributed to the recognition of the classical guitar at the international level, Segovia stands out as a versatile musician who directly contributed to the formation of a new repertoire for the guitar.

Until the beginning of the 20th century, the guitar repertoire remained more limited compared to that of many other instruments due to factors such as the relatively limited technical and acoustic capabilities of the guitar within the conditions of the period, the fact that composers producing works for the guitar were largely limited to guitarists, and the broader repertoires of instruments such as the piano and violin, as well as genres such as opera, symphony, and chamber music. This limitation of the repertoire was one of the main motivations behind Segovia's efforts to develop the artistic and technical possibilities of the guitar. In addition, his musical personality and role as an educator played an important part in the dissemination of the classical guitar and the training of new generations of guitarists.

The study first addresses Segovia's identity as a performer and his transcription works, through which he sought to incorporate works written for other instruments by composers from different periods into the classical guitar repertoire. In this context, Segovia's approach to repertoire development is evaluated through the adaptation of works by composers such as Isaac Albeniz (1860–1909) and Johann Sebastian Bach (1685–1750) to the guitar. Subsequently, the study examines Segovia's relationships with contemporary composers and the influence of these relationships on the emergence of new guitar works. Within this framework, Segovia's guiding and encouraging role in the production of original works for the guitar by composers such as Manuel Maria Ponce (1882–1948), Heitor Villa-Lobos (1887–1959), Mario Castelnuovo-Tedesco (1895–1968), Alexandre Tansman (1897–1986), and Joaquin Rodrigo (1901–1999) is evaluated. The study also addresses the effects of Segovia's identity as an educator on the systematization of classical guitar education, the dissemination of the repertoire, and the training of new generations of guitarists.

As a result, this study aims to reveal the complementary aspects of Andres Segovia's identities as a performer, transcriber, editor, educator, and repertoire developer, and to demonstrate that he was not merely a performer who played existing works but a decisive figure who actively

shaped the development of the 20th-century classical guitar repertoire and established a connection between the music of the past and contemporary music.

Keywords: Andres Segovia, Classical Guitar, 20th-Century Music, Guitar Repertoire, Transcription

GİRİŞ

20. yüzyıla kadar gitar çalan bestecilerin eserleri dışında çok fazla eserin yazılmamış olması, diğer bestecilerin ses üretimi yönünden daha zayıf olan gitar yerine daha çok piyano, keman, flüt gibi gelişimini daha erken tamamlamış popüler çalgılar için eserler yazmış olmaları, opera, senfoni gibi türlerin daha yaygın olması, gitar repertuarının çok gelişememesinin sebepleri arasındadır.

19. yüzyılın sonları ile başlayan ikinci sanayi devriminin pek çok getirisi ile birlikte ulaşım, haberleşme, kentleşme ve teknolojik gelişmeler, bestecilerin ve müzisyenlerin birbirlerinden daha çok haberdar olmasına, daha iyi şartlardaki konser salonlarının yaygınlaşıp sanatseverlerin ve sanatçıların etkileşimlerinin artmasına, enstrümanların gelişimine, nota basımı ve dağıtımının kolaylaşmasına, ses kayıt teknolojilerinin gelişmesine yol açmıştır. Avrupa 1800' lerin başından beri pek çok alanda olduğu gibi müzik eğitimi veren kurumlar yönünden de gelişmişti. Paris Konservatuarı (1795), Viyana konservatuarı (1817), Prag konservatuarı (1811) Madrid konservatuarı (1830) gibi pek çok okul çok sayıda değerli yorumcunun, bestecinin, eğitimcinin yetişmesine katkıda bulunmuştur. Ancak bu müzik okullarının çoğunda klasik gitar bölümü olmamakla birlikte, klasik gitar diğer enstrümanlara kıyasla düşük statülü bir çalgı olarak görülüyordu. Gitar daha çok çeşitli mekanlarda, sokaklarda eşlik amaçlı çalınan, sistematik bir eğitim yerine kendi kendine ya da bir tanıdığı vasıtası ile öğrenilen bir enstrümandı.

Klasik gitarın 20. yüzyılın başlarındaki konumu, günümüzdeki konser çalgısı kimliğiyle karşılaştırıldığında oldukça farklıdır. 19. yüzyılda Fernando Sor, Mauro Giuliani, Dionisio Aguado ve Francisco Tárrega gibi önemli isimler tarafından geliştirilen gitar repertuvarına rağmen çalgı, piyano, keman ve flüt gibi çalgılarla karşılaştırıldığında konser salonlarında daha sınırlı bir konuma sahipti. Gitarın özellikle salon ve oda müziği bağlamında kullanılan bir çalgı olarak algılanması, repertuvarının da belirli ölçüde kendi geleneksel sınırları içerisinde kalmasına neden olmuştur.

20.yüzyılın ilk yarısında Andres Segovia'nın uluslararası kariyeriyle birlikte bu durum önemli ölçüde değişmiştir. Segovia'nın konser faaliyetleri gitarın yalnızca İspanyol müziği veya salon

müziğiyle ilişkilendirilen bir çalgı olmadığını; ciddi, virtüoz ve sanatsal açıdan gelişmiş bir konser repertuvarına sahip olabileceğini göstermiştir. Time dergisinin 1950 tarihli bir yazısında Segovia'nın dünya çapında konserler veren ve gitarın klasik müzik içerisindeki statüsünü dönüştüren bir sanatçı olarak değerlendirilmesi ve gitar literatürüne 150'den fazla transkripsiyon kazandırdığının belirtilmesi, bu dönüşümün çağdaşları tarafından da fark edildiğini göstermektedir.

Segovia'nın bu dönüşümdeki rolü yalnızca konser vermekle sınırlı değildir. Gitar için yeni eserler yazmaları konusunda bestecilerle iletişim kurması, farklı dönemlere ait eserleri gitara aktarması, kendi edisyonlarını hazırlaması, eserlerin yorumlanmasına ilişkin teknik ve müzikal öneriler geliştirmesi ve öğrencileri aracılığıyla belirli bir icra geleneğini yaygınlaştırması, onun repertuvar oluşumundaki etkisini çok boyutlu hâle getirmiştir.

Bu nedenle Segovia'nın 20. yüzyıl gitar repertuvarındaki rolü yalnızca "yorumcu" kavramıyla açıklanamaz. Onun etki alanı yorumculuk, repertuvar kuruculuğu, transkripsiyonculuk, editörlük, bestecileri teşvik etme ve pedagojik aktarım başlıkları altında birlikte değerlendirilmelidir.

1. ANDRES SEGOVİA'NIN MÜZİKAL KİMLİĞİ VE REPERTUVAR ANLAYIŞI

Andres Segovia 1893 yılında İspanya'da doğmuş ve 94 yıllık uzun sayılabilecek yaşamında 20. yüzyılın en etkili klasik gitar figürlerinden biri hâline gelmiştir. Gençlik yıllarında gitarı büyük ölçüde kendi çabalarıyla geliştiren Segovia, gitar eğitiminin kurumsal olarak sınırlı olduğu bir dönemde kendi icra anlayışını oluşturmuştur.

Segovia'nın müzikal kimliğinin temelinde İspanyol gitar geleneği bulunmakla birlikte, onun temel amacı gitarı yalnızca bu gelenek içerisinde değerlendirmek değil, Batı sanat müziğinin geniş repertuvarı içerisinde konumlandırmaktır. Bu doğrultuda Rönesans ve Barok dönemlerinden çağdaş bestecilere kadar uzanan geniş bir repertuvar oluşturmuştur.

Segovia'nın repertuvar anlayışı iki temel yönde gelişmiştir. Bunlardan ilki, farklı çalgılar için yazılmış eserlerin gitar repertuvarına kazandırılmasıdır. İkincisi ise çağdaş bestecilerin doğrudan gitar için yeni eserler yazmaya teşvik edilmesidir. Böylece Segovia, geçmiş repertuvar ile çağdaş bestecilik arasında bir köprü oluşturmuştur.

Segovia'nın konser programlarında Bach, Scarlatti ve Sor gibi tarihsel bestecilerin yanı sıra Albéniz, Granados, Manuel de Falla, Joaquín Turina, Manuel Ponce, Heitor Villa-Lobos ve Mario Castelnuovo-Tedesco gibi bestecilere de yer vermesi, gitarın belirli bir ulusal müzik geleneğinin ötesine geçerek uluslararası bir konser çalgısı olarak kabul edilmesine katkıda bulunmuştur.

Segovia'nın yorumculuk anlayışında tını, cümleleme, rubato, artikülasyon ve dinamikler önemli bir yere sahiptir. Bu yaklaşım, yaptığı edisyonlara da yansımış ve belirli bir yorum geleneğinin sonraki kuşaklara aktarılmasını sağlamıştır. Dolayısıyla Segovia'nın yorumculuk, editörlük ve repertuvar kuruculuğu birbirinden bağımsız faaliyetler olarak değil, birbirini tamamlayan süreçler olarak değerlendirilmelidir.

Segovia gitar için özgün eserler de bestelemiştir. Ancak bestecilik faaliyetleri, yorumculuk ve repertuvar kuruculuğuna kıyasla daha sınırlı bir yere sahiptir. Estudio sin luz, Once Preludios, Cinco Anécdotas önemli eserleri arasında sayılabilir. Özgün eserlerinde İspanyol müziğinin ritmik ve melodik özellikleri ile gitarın idiomatik yapısı görülürken, transkripsiyonlarında başka bestecilerin müzikal fikirlerini gitarın teknik ve tınısal olanakları doğrultusunda yeniden şekillendirmiştir.

2. SEGOVİA'NIN TRANSKRİPSİYON VE EDİTÖRLÜK FAALİYETLERİ

Segovia'nın yorumcu kimliğinin ve repertuvar anlayışının en önemli göstergelerinden biri, farklı çalgılar için yazılmış eserleri gitar repertuvarına kazandırmak amacıyla gerçekleştirdiği transkripsiyon çalışmalarıdır.

Transkripsiyon, bir müzik eserinin özgün çalgısından farklı bir çalgı veya çalgı grubuna aktarılmasıdır. Ancak gitar gibi fiziksel ve akustik özellikleri farklı olan bir çalgıya yapılan transkripsiyonlarda bu işlem yalnızca notaların yeniden yazılmasından ibaret değildir. Gitarın altı telli yapısı, perde sistemi, çok sesli çalma olanakları ve sesin uzama süresinin sınırlı olması; ses dağılımı, bas çizgisi, akor yapısı, parmaklandırma ve tını tercihlerinin yeniden ele alınmasını gerektirmektedir. Segovia'nın transkripsiyonlarında bu yaklaşım açık biçimde görülmektedir. Özellikle Isaac Albéniz'in Sevilla, Granada, ve Asturias gibi piyano eserlerinin gitar repertuvarındaki yerleşik konumu, onun transkripsiyonlarının yalnızca teknik bir aktarım olmadığını göstermektedir. Albéniz'in piyano eserlerini gitara aktarırken Segovia, piyano dokusunu birebir kopyalamak yerine gitarın teknik ve tınısal olanaklarından yararlanmıştır. Melodiler belirli teller üzerinde konumlandırılmış, bas ve eşlik sesleri gitarın fiziksel sınırları doğrultusunda yeniden dağıtılmış ve legato etkisi parmaklandırma, vibrato ve pozisyon tercihleriyle desteklenmiştir. Özellikle Asturias örneğinde piyano kökenli bir eserin gitar repertuvarı ile güçlü biçimde ilişkilendirilmesi dikkat çekicidir.

Segovia'nın repertuvar anlayışında Bach'ın eserleri de önemli bir yere sahiptir. Bach'ın solo keman ve çello eserlerinden yaptığı düzenlemeler, gitarın polifonik kapasitesinin geniş bir repertuvar içerisinde değerlendirilmesine katkı sağlamıştır. Özellikle Re minör Partita BWV 1004 içerisindeki Chaconne bölümü Segovia'nın gitar repertuvarına kazandırdığı en önemli

tarihsel eserlerden biridir. Segovia bu ve benzeri transkripsiyonları ile gitar enstrümanının teknik ve müzikal yetisinin yalnızca İspanyol veya romantik karakterli müziklerle sınırlı olmadığını, Barok dönemin çok sesli müziğini de başarıyla taşıyabildiğini göstermiştir.

Segovia'nın repertuvar üzerindeki etkisinin bir diğer boyutu hazırladığı edisyonlardır. Parmaklandırma, pozisyon, tel seçimi, nüans, artikülasyon ve cümleleme gibi unsurlar, onun yorum anlayışının yazılı olarak aktarılmasına hizmet etmiştir. Bu edisyonlar yalnızca teknik kolaylık sağlayan materyaller değil, belirli bir icra geleneğini sonraki kuşaklara taşıyan tarihsel belgeler olarak da değerlendirilebilir.

Brezilyalı besteci Heitor Villa-Lobos'un 12 Etudes eserinin yayımlanan ilk baskısında Segovia'nın önsözünün bulunması, onun editörlük ve yorumculuk ilişkisinin önemli örneklerinden biridir. Ayrıca Library of Congress'teki Moldenhauer Arşivi'nde Castelnuovo-Tedesco'nun gitar eserlerine ilişkin Segovia'nın el yazısıyla yaptığı parmaklandırmaların bulunması, bestecilerle eserlerin gitar üzerindeki uygulanışı konusunda doğrudan çalıştığını göstermektedir.

3. SEGOVİA'NIN BESTECİLERLE İLİŞKİLERİ VE YENİ REPERTUVARIN OLUŞUMU

Segovia'nın 20. yüzyıl gitar repertuvarına en önemli katkılarından biri, çağdaş bestecileri gitar için yeni eserler yazmaya teşvik etmesidir. Bu yönüyle onun repertuvar kuruculuğu, mevcut eserlerin aktarılmasının ötesine geçmiştir.

Meksikalı besteci Manuel Ponce ile ilişkisi bu açıdan önemli bir örnektir. Ponce'nin gitar için yazdığı eserler ve özellikle Concierto del Sur, gitarın orkestra ile birlikte solistik kapasitesinin değerlendirilmesine katkı sağlamıştır. Benzer biçimde Mario Castelnuovo-Tedesco'nun gitar için yazdığı eserler, çalgının 20. yüzyılın armonik ve biçimsel anlayışları içerisinde değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Brezilyalı besteci Heitor Villa-Lobos örneği ise Segovia'nın bestecileri teşvik etme rolünü açık biçimde ortaya koymaktadır. Segovia'nın Villa-Lobos'tan başlangıçta gitar için bir etüt istemesi sonucunda on iki etütten oluşan kapsamlı bir eser ortaya çıkmış ve 12 Etudes daha sonra Segovia'ya ithaf edilmiştir. Segovia'nın bestecilerle ilişkisini gösteren bir başka örnek Darius Milhaud'nun Segoviana, Op. 366 adlı eseridir. Segovia tarafından sipariş edilen ve ona ithaf edilen bu eser, gitaristin çağdaş repertuvarın oluşumundaki doğrudan etkisini göstermektedir. Benzer bir örnekte ünlü gitarist besteci İda Presti'nin Andres Segovia'ya ithafen yazdığı Segovia eseri gösterilebilir. Joaquín Rodrigo'nun Concierto de Aranjuez adlı eserinin gitar repertuvarındaki merkezi konumu da Segovia döneminin oluşturduğu konser anlayışı açısından önemlidir.

Segovia'nın bestecilerle kurduğu ilişkiler, gitarın yalnızca mevcut repertuvarın yorumlandığı bir çalgı olmaktan çıkarak yeni eserlerin üretildiği bir konser çalgısı hâline gelmesine katkıda bulunmuştur. Bu bağlamda Segovia'nın etkisi yalnızca bestecilerin eser yazmasını sağlamakla sınırlı değildir. Bestecilerin gitarın teknik ve tınısal olanaklarını daha yakından tanımaları, yeni repertuvarın çalgının gelişen virtüozitesine uygun biçimde şekillenmesine de katkıda bulunmuştur.

4. SEGOVİA'NIN EĞİTİMCİ KİMLİĞİ VE SONRAKİ KUŞAKLARA ETKİSİ

Segovia'nın repertuvar kuruculuğunun etkisi kendi konser kariyeriyle sınırlı kalmamıştır. Öğrencileri, kayıtları, edisyonları ve yetiştirdiği gitaristler aracılığıyla oluşturduğu yorum geleneği sonraki kuşaklara aktarılmıştır. Segovia'nın öğrencileri ve onun yorum geleneğinden etkilenen gitaristler 21. yüzyılın önemli isimleri hâline gelmişlerdir. Bu isimler arasında John Williams, Julian Bream, Alirio Diaz, Oscar Ghiglia, Christopher Parkening, Eliot Fisk, Abel Carlevaro sayılabilir.

Bu yönüyle Segovia'nın eğitimci kimliği, yalnızca bireysel öğrenci yetiştirme faaliyetleriyle değil, oluşturduğu yorum anlayışının ve repertuvarın sonraki kuşaklara aktarılması bakımından da değerlendirilmelidir. Böylece Segovia'nın etkisi, kendi döneminin konser faaliyetlerinin ötesine geçerek klasik gitar eğitiminin ve icra geleneğinin sonraki kuşaklarda sürdürülmesine katkıda bulunmuştur.

5. SONUÇ

Sonuç olarak Andres Segovia'nın 20. yüzyıl klasik gitar repertuvarının oluşumundaki rolü yalnızca çok sayıda eser seslendirmiş olmasıyla açıklanamaz. Segovia, bir yandan Bach, Chopin, Mendelssohn ve Albéniz gibi farklı coğrafyalara farklı dönem ve stillere ait bestecilerin eserlerini transkripsiyon yoluyla gitar repertuvarına kazandırırken diğer yandan Ponce, Villa-Lobos, Castelnuovo-Tedesco ve diğer çağdaş bestecilerle kurduğu ilişkiler aracılığıyla yeni eserlerin ortaya çıkmasına katkıda bulunmuştur.

Segovia'nın editörlük faaliyetleri ise repertuvarın yalnızca hangi eserlerden oluşacağını değil, bu eserlerin gitar üzerinde nasıl yorumlanacağını da etkilemiştir. Parmaklandırma, pozisyon, tel seçimi, artikülasyon, nüans ve cümleleme gibi unsurlar aracılığıyla oluşturduğu edisyonlar, belirli bir yorum geleneğinin oluşmasına katkı sağlamıştır.

Bu nedenle Segovia'nın klasik gitar tarihindeki konumu yalnızca bir yorumcu olarak değil; repertuvar kurucusu, transkripsiyoncu, editör, pedagog ve yorumcu kimliklerinin kesişiminde değerlendirilmelidir. Onun faaliyetleri, geçmiş repertuvar ile çağdaş bestecilik arasında bir bağlantı oluşturmuş, gitarın konser çalgısı olarak kabul edilmesini güçlendirmiş ve 20. yüzyıl

klasik gitar repertuvarının hem niceliksel hem de niteliksel olarak gelişmesine önemli katkı sağlamıştır.

KAYNAKÇA

Alberge, D. (2012, October 14). John Williams says guitar maestro Andres Segovia bullied students and stifled their creativity. *The Guardian*. https://www.theguardian.com/music/2012/oct/14/john-williams-accuses-segovia-snob

Asimakopoulos, E. (2007, June). Andres Segovia. *TAR: Turkish Classical Guitar Society*. http://www.tar.gr/en/content/content/print.php?id=558

Avraam, V. (1999). The starting of Andres Segovia's career. *Guitarra Magazine*. http://www.guitarramagazine.com/andres_segovia_memory

Avraam, V. (2007). The beginning of a new period for the classical guitar. *TAR: Turkish Classical Guitar Society*. http://www.tar.gr/en/content/content/print.php?id=561

Bobri, V. (1990). *The Segovia technique*. Bold Strummer.

Cooper, C. (1983, January–February). Andres Segovia: Still on the road. *Classical Guitar*. https://classicalguitarmagazine.com/from-the-classical-guitar-archive-andres-segovia-on-the-road/

Escande, A. (2012). *Don Andres and Paquita: The life of Segovia in Montevideo*. Amadeus Press.

Library of Congress. (2005). *Moldenhauer Archives at the Library of Congress*. https://findingaids.loc.gov/repositories/15/resources/991

Naxos. (2006). *Andres Segovia (1893–1987): The 1944 American recordings* [Audio recording]. Naxos Historical.

Pujol, E. (1954). *The modern guitar: A guide for the student and teacher*. Musical America.

Segovia, A. (1953). Preface. In H. Villa-Lobos, *Douze études pour guitare*. Max Eschig.

Summerfield, M. J. (2003). *The classical guitar: Its evolution, players and personalities since 1800* (5th ed.). Ashley Mark Publishing Company.

Van der Walt, C. S. N. (1996). *The relevance of the teaching methods of Dionisio Aguado, Fernando Sor and Andres Segovia for guitar technique in the late 20th century* [Master's dissertation, University of South Africa]. University of South Africa Institutional Repository. https://hdl.handle.net/10500/16283

Villa-Lobos, H. (1953). *Douze études pour guitare*. Max Eschig.

Wade, G. (1985). *Tradition and change: The classical guitar and the Segovia tradition*. Bold Strummer.

Wade, G. (1986). *Maestro Segovia: Personal impressions and anecdotes of the great guitarist*. Robson Book

STEAM + A TƏHSİL SİSTEMİ: MAHİYYƏTİ, PEDAQOJİ İMKANLARI VƏ AZƏRBAYCANDA TƏTBİQİ PERSPEKTİVLƏRİ
STEAM + A EDUCATION SYSTEM: ESSENCE, PEDAGOGICAL POSSIBILITIES AND IMPLEMENTATION PROSPECTS IN AZERBAIJAN

Əliyeva Maralxanım Tofiq qızı.
Pedaqogika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
"İncəsənət və fiziki tərbiyə" fakültəsi
"Musiqi və onun tədrisi texnologiyası" kafedrası
Azərbaycan, Bakı şəhəri, Üzeyir Hacıbəyli küçəsi, 68
ORCİD İD: 0000-0002-2005-6090

XÜLASƏ
Məqalədə STEAM+A sisteminin mahiyyəti, pedaqoji potensialı və Azərbaycanda tətbiqinin perspektivləri araşdırılır. Elm, texnologiya, mühəndislik, incəsənət və riyaziyyatı özündə birləşdirən bu təhsil modelinin fənlərarası təbiəti təhlil edilir. Burada qeyd olunur ki, STEAM+A təhsili müxtəlif bilik sahələrinin inteqrasiyasına və təcrübəyə yönəlmiş öyrənmə yanaşmasına əsaslanan innovativ pedaqoji modeldir. Bu sistem fərdi yaradıcılığın, ünsiyyət bacarıqlarının, emosional zəkanın və tədqiqatçı düşüncənin inkişafını vurğulayır. Məqalədə musiqi təhsilində STEAM+A-nın tətbiqinin metodoloji aspektlərinə xüsusi diqqət yetirilir, eləcə də STEAM+A-nın istifadəsinin yaradıcı düşüncənin, tədqiqat bacarıqlarının və tələbə motivasiyasının inkişafına kömək etdiyi vurğulanır.

Açar sözlər: STEAM+A sistemi, musiqi təhsili, rəqəmsal texnologiyalar, yaradıcılıq

ABSTRACT:
The article examines the essence, pedagogical potential and prospects for its implementation in Azerbaijan of the STEAM+A system. The interdisciplinary nature of this educational model, which combines science, technology, engineering, art and mathematics, is analyzed. It is noted that STEAM+A education is an innovative pedagogical model based on the integration of various fields of knowledge and an experience-oriented learning approach. This system emphasizes the development of individual creativity, communication skills, emotional intelligence and investigative thinking. The article pays special attention to the methodological aspects of the application of STEAM+A in music education, as well as emphasizes that the use of STEAM+A contributes to the development of creative thinking, research skills and student motivation.

Keywords: STEAM+A system, music education, digital technologies, creativity

GİRİŞ
Müasir təhsil sistemi qloballaşma, rəqəmsallaşma və texnologiyanın sürətli inkişafı ilə bağlı dərin transformasiyalara məruz qalır. Əsasən mövcud biliklərin ötürülməsinə əsaslanan ənənəvi təhsil modeli artıq XXI-ci əsrin tələblərinə tam cavab vermir. Bu gün cəmiyyət tənqidi

düşüncə, yaradıcılıq, fənlərarası əməkdaşlıq və müstəqil problem həll etmə qabiliyyətinə malik mütəxəssislərə ehtiyac duyur.

Bu baxımdan, təbiət elmləri, texnologiya, mühəndislik və riyaziyyatı özündə birləşdirən STEM təhsil sistemi qlobal təhsil praktikasında xüsusi əhəmiyyət kəsb etmişdir. Lakin zaman keçdikcə təhsilə sırf texniki diqqət yetirməyin hərtərəfli inkişaf etmiş bir şəxsiyyət yetişdirmək üçün yetərli olmadığı aydın oldu. Məhz buna görə də STEM-ə incəsənət, yaradıcılıq, humanitar düşüncə və estetik inkişafı əhatə edən "A" – Arts (yəni incəsənət) komponenti əlavə edildi.

STEAM+A təhsili müxtəlif bilik sahələrinin inteqrasiyasına və təcrübəyə yönəlmiş öyrənmə yanaşmasına əsaslanan innovativ pedaqoji modeldir. Bu sistem fərdi yaradıcılığın, ünsiyyət bacarıqlarının, emosional zəkanın və tədqiqatçı düşüncənin inkişafını vurğulayır.

Azərbaycan üçün STEAM+A təhsilinin tətbiqi milli təhsil sisteminin modernləşdirilməsinin vacib aspektlərindən biridir. Cəmiyyətin rəqəmsal transformasiyası kontekstində yüksək texnologiyalı təhsil mühitində səmərəli fəaliyyət göstərə bilən yeni nəsil müəllim və şagirdlərin hazırlanması xüsusilə vacibdir. Eyni zamanda, milli mədəni ənənələrin, mənəvi dəyərlərin və bədii irsin qorunması zərurəti getdikcə daha vacib hala gəlir və bu da "Arts" komponentini xüsusilə aktual edir.

ARAŞDIRMA

STEM konsepsiyası 20-ci əsrin sonlarında ABŞ-da texniki və elmi mütəxəssislərə artan ehtiyaca cavab olaraq ortaya çıxmışdır. STEM abreviaturası dörd sahəni əhatə edir:

- Science – təbii elmlər;
- Technology – texnologiya;
- Engineering – mühəndislik;
- Mathematics – riyaziyyat.

STEM təhsilinin əsas məqsədi elmi və texnoloji tərəqqi və innovativ iqtisadiyyat üçün zəruri olan praktik bacarıqları inkişaf etdirmək idi.

Lakin tədris təcrübəsi göstərir ki, sırf texniki təlim tam şəxsi inkişafı təmin etmir. Müasir mütəxəssislər yalnız analitik bacarıqlara deyil, həm də yaradıcı düşüncəyə, ünsiyyət bacarıqlarına, çevikliyə və innovativ həllər tapmaq qabiliyyətinə malik olmalıdırlar.

Məhz buna görə STEAM anlayışı XXI-ci əsrin əvvəllərində təhsil nəzəriyyəsində ortaya çıxmışdır və burada "A" hərfi İncəsənət və Humanitar elmləri ifadə edir. Bir çox tədqiqatçının fikrincə, incəsənətin təhsil prosesinə inteqrasiyası aşağıdakılara kömək edir:

- təxəyyülün inkişafına;
- yaradıcılığın inkişafına;

- emosional zəkanın artmasına;
- estetik qavrayışın inkişafına;
- çevik düşüncənin inkişafına.

Müasir pedaqogikada STEAM ayrı-ayrı fənlərin toplusu kimi deyil, vahid fənlərarası təlim sistemi kimi qəbul edilir.

Pedaqoji baxımdan, STEAM+A tələbələrin praktik fəaliyyətləri ətrafında müxtəlif akademik fənlərin birləşməsinə əsaslanan inteqrativ təhsil modelidir. STEAM yanaşmasının əsas xüsusiyyətləri bunlardır:

- fənlərarası inteqrasiya;
- təcrübəyə istiqamətlənmə;
- layihə əsaslı təlim;
- tədqiqat fəaliyyətləri;
- tələbə müstəqilliyinin inkişafı.

Ənənəvi sistemdə fənlər təcrid olunmuş şəkildə öyrənilir. STEAM təhsilində təlim real dünya problemləri və vəziyyətləri ətrafında qurulur. Tələbələr yalnız nəzəri biliklər əldə etmir, həm də onları praktik problemlərin həllində tətbiq edirlər.

Məsələn, musiqi layihəsi yaradarkən tələbələr eyni zamanda səs akustikasını (Elm), rəqəmsal səsyazma texnologiyalarını (Texnologiya), musiqi alətlərinin dizaynını (Mühəndislik), musiqi sənətini (İncəsənət) və ritmin riyazi prinsiplərini (Riyaziyyat) araşdıra bilərlər. Bu cür yanaşma dünyanı vahid bir məhfum kimi qavrayışını inkişaf etdirir. Fənlərarası münasibətlər STEAM təhsilinin əsas prinsiplərindən biridir. Müasir pedaqogika getdikcə biliklərin ayrı-ayrı fənlərə bölünməsinin ixtiyari olduğunu qəbul edir. Real həyat problemlərin həllinə hərtərəfli yanaşma tələb edir.

STEAM+A aşağıdakılara imkan verir:

• müxtəlif sahələrdən bilikləri inteqrasiya etməyə;
• sistemli düşüncəni inkişaf etdirməyə;
• səbəb-nəticə əlaqələrini qurmaq bacarığını inkişaf etdirməyə;
• mürəkkəb analitik bacarıqları inkişaf etdirməyə.

Fənlərarası yanaşma öyrənilən materialın daha dərindən başa düşülməsini təşviq edir və tələbənin motivasiyasını artırır. STEAM-ın ən vacib pedaqoji prinsiplərindən biri praktik fəaliyyət vasitəsilə öyrənməkdir.

Təhsil prosesi aşağıdakılara əsaslanır:

• təcrübə;

• layihələr;

• tədqiqat;

• dizayn;

• modelləşdirmə.

Şagirdlər təhsil prosesində passiv dinləyicilər deyil, fəal iştirakçılar olurlar. Praktik fəaliyyət öyrənməyə marağı artırır; müstəqilliyi inkişaf etdirir; daha yaxşı bilik əldə etməyə kömək edir; əməkdaşlıq bacarıqlarını inkişaf etdirir.

Yaradıcılıq, kreativlik XXI-ci əsrin əsas bacarıqlarından biri hesab olunur. STEAM+A təhsili yaradıcı özünüifadəni, qeyri-ənənəvi həllər axtarışını, təxəyyülün inkişafını və innovativ düşüncənin inkişafını təşviq edir.

İncəsənət burada xüsusi rol oynayır. Musiqi, təsviri incəsənət, teatr və dizayn emosional sahənin inkişafına kömək edir, təxəyyüllü düşüncəni stimullaşdırır, estetik zövqü inkişaf etdirir və assosiativ düşüncəni inkişaf etdirir.

“Arts” komponentinin əlavə edilməsi müasir pedaqogikanın inkişafında mühüm addım idi. İncəsənət emosional inkişafı, mənəvi tərbiyəni, estetik şüurun inkişafını və mədəni kimliyin formalaşmasını təşviq edir. Musiqi təhsili xüsusilə vacibdir, çünki musiqi beynin hər iki yarımkürəsini aktivləşdirir, yaddaşı inkişaf etdirir, diqqəti yaxşılaşdırır və emosional zəkanı inkişaf etdirir.

Musiqinin böyük fənlərarası potensialı var. O, riyaziyyat (ritm, metr, nisbətlər), fizika (səs akustikası), texnologiya (rəqəmsal səs emalı) və mühəndislik (musiqi alətlərinin yaradılması) ilə sıx bağlıdır. STEAM yanaşması musiqi təhsilinin müasir texnologiyalarla inteqrasiyasına imkan verir: rəqəmsal musiqi platformaları; kompüter aranjimanı; süni intellekt və virtual alətlər.

Son illərdə Azərbaycan təhsilin rəqəmsallaşdırılması və təhsil prosesini modernləşdirmək üçün proqramları fəal şəkildə həyata keçirir. Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi bu səylərdə əsas rol oynayır. Mühüm sahələrə innovativ texnologiyaların tətbiqi, rəqəmsal məktəblərin inkişafı, təhsil məzmununun yenilənməsi və yeni nəsil müəllimlərin hazırlanması daxildir.

STEAM+A təhsili Azərbaycanda geniş tətbiq potensialına malikdir. O, innovativ düşüncəni inkişaf etdirə, təhsilin keyfiyyətini artıra, rəqabətədavamlı mütəxəssislər yetişdirə, tələbələrin yaradıcılıq potensialını inkişaf etdirə və milli mədəniyyəti müasir təhsilə inteqrasiya edə bilər. Milli musiqi, rəqəmsal texnologiya, süni intellekt və interaktiv təlimin birləşməsi xüsusilə perspektivlidir.

Tətbiq prosesində aşağıdakı çətinliklər müəyyən edilə bilər:

- maddi-texniki resursların qeyri-kafiliyi;
- təlim keçmiş mütəxəssislərin çatışmazlığı;
- tədris materiallarının məhdudluğu;
- müəllimlər üçün rəqəmsal təlimin qeyri-kafiliyi.

Bunlara baxmayaraq, STEAM+A-nın Azərbaycanda inkişaf perspektivləri olduqca əhəmiyyətli olaraq qalır.

NƏTİCƏ

Beləliklə, STEAM+A təhsili müasir pedaqogikanın ən perspektivli modellərindən biridir. Bu sistem təkcə bilik əldə etməyi deyil, həm də yaradıcı, tədqiqatçı və innovativ fəaliyyətə qadir şəxsiyyətlərin inkişafını təmin edir.

STEAM+A Azərbaycan üçün xüsusilə dəyərlidir, çünki müasir təhsil texnologiyalarının milli və mədəni ənənələrlə birləşməsinə imkan verir.

İncəsənətin təhsil prosesinə inteqrasiyası ahəngdar inkişaf etmiş bir fərdin inkişafına, yaradıcılığın inkişafına və cəmiyyətin mənəvi dəyərlərinin qorunmasına kömək edir.

Təhsilin rəqəmsal transformasiyası kontekstində STEAM+A gələcək nəslin yetişdirilməsi üçün vacib bir təməl ola bilər.

ƏDƏBİYYAT:

1. Андреев В. И. Педагогика: учебный курс для творческого саморазвития. / Казань: Центр инновационных технологий, 2012, 608 с. (Andreev V. I. Pedagogy: a course of study for creative self-development. / Kazan: Center for Innovation Technologies, 2012, 608 p.)
2. Michelle H. Land. Full STEAM Ahead: The Benefits of Integrating the Arts into STEM // Procedia Computer Science № 20 (2013), pp. 547 – 552
3. Полат Е. С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования. / Москва: «Академия», 2010, 368 с.

(Polat E. S. Modern pedagogical and information technologies in the education system. / Moscow: "Academy", 2010, 368 p.)

4. Robinson K. Creative Schools: The Grassroots Revolution That's Transforming Education. / Publisher: Penguin Books **,** 2016, 320 p.
5. Sousa D., Pilecki T. From STEM to STEAM: Using Brain-Compatible Strategies to Integrate the Arts. / California: Corwin Press, 2018, 264 p.
6. Yakman G. STEAM Education: An Overview of Creating a Model of Integrative Education. In *The Pupils' Attitudes Towards Technology Conference* (pp. 1-28), Academia. 2007

ÜMUMTƏHSİL MƏKTƏBLƏRİNDƏ MUSİQİNİN TƏDRİSİNDƏ İNTERAKTİV ŞƏBƏKƏ TEXNOLOGİYALARI
INTERACTIVE NETWORK TECHNOLOGIES IN MUSIC TEACHING IN SECONDARY SCHOOLS

Əliyeva Maralxanım Tofiq qızı.
Pedaqogika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
"İncəsənət və fiziki tərbiyə" fakültəsi
"Musiqi və onun tədrisi texnologiyası" kafedrası
Azərbaycan, Bakı şəhəri, Üzeyir Hacıbəyli küçəsi, 68
ORCİD İD: 0000-0002-2005-6090

XÜLASƏ

Məqalə musiqinin tədrisində kompüter texnologiyaların istifadəsinin imkanlarının təhlilinə həsr edilmişdir. Burada qeyd olunur ki, bu gün kompüter artıq musiqiçi üçün yeni çoxfunksiyalı politembral alətə çevrilmişdir. Buna görə MKT-yə yiyələnmə təkcə musiqi sahəsində çalışan səs mühəndisləri, səs dizaynerləri, səs prodüserləri, sintezatorlarda və MIDI alətlərində ifaçılar və s. peşəkar mütəxəssilər üçün yox, həm də musiqi müəllimləri üçün vacibdir. Çünki bu txnologiyalar didaktik problemlərin həllində yeni imkanlar açır. Məqalənin sonunda belə nəticəyə gəlinir ki, MKT-nin çox yönlülüyü və qlobal tətbiqi özünüdərk üçün yeni, mahiyyət etibarilə sonsuz imkanlar təqdim edir, zəkanın sürətli inkişafını stimullaşdırır, öyrənməni yeni səviyyəyə qaldırır.

Açar sözlər: musiqili kompüter texnologiyaları, rəqəmsal interaktiv təlim sisteləri, yaradıcılıq

ABSTRACT:

The article is devoted to the analysis of the possibilities of using computer technologies in teaching music. It is noted that today the computer has already become a new multifunctional polytimbral tool for the musician. Therefore, mastering the MKT is important not only for sound engineers, sound designers, sound producers, performers on synthesizers and MIDI instruments, etc. working in the field of music, but also for music teachers. Because these technologies open up new opportunities in solving didactic problems. At the end of the article, it is concluded that the versatility and global application of MKT provide new, essentially endless opportunities for self-awareness, stimulate the rapid development of intelligence, and raise learning to a new level.

Keywords: musical computer technologies, digital interactive learning systems, creativity

GİRİŞ

Musiqi – insanlar tərəfindən xüsusi bir informasiya məkanı, dünyanın mənəvi zənginliyini və onun gözəlliyini anlamağın bir tərəfi kimi qəbul edilir və səsdə əks olunur. Musiqi parçasının qavranılması insanın canlı, bilavasitə təcrübəsi ilə əlaqəli olaraq eşitmə qavrayışının zaman

təbiətinə əsaslandığına görə musiqi eşitmə qabiliyyətinin və musiqi təfəkküründün inkişafı bir sıra çətinliklərlə üzləşir. Buna görə də, bu gün musiqi pedaqogikasının əsas vəzifələrindən biri musiqinin həm incəsənət, həm də yazılı dil kimi funksiyalarını yeni səviyyədə anlamaq, müasir mədəniyyəti və mədəni prosesləri anlamaq, eləcə də müxtəlif musiqi hadisələrini şüurlu, birbaşa, analitik və struktur şəkildə qavramağa qadir olan yaradıcı şəxsiyyətin formalaşmasına informasiya texnologiyalarının təsirini anlamaqdır.

Musiqi təcrübəsində yeni musiqi alətləri sinfi geniş yayılmaqdadır. Bunlara dilli sintezatorlar, iş stansiyaları, multimedia kompüterləri və digərləri daxildir. Rəqəmsal texnologiyalar əsasında hazırlanmış alətlər əhəmiyyətli ifadəlik resursları ilə fərqlənir və musiqi təhsilində istifadə üçün geniş perspektivlər açır (3; səh. 5). Açılmış yeni imkanlar bu alətlər vasitəsilə yalnız səsyazmanı deyil, həm də ifaçılıq məsələlərini həyata keçirməyə mümkün edir. Xüsusi bir musiqi kompüterinin musiqiçi üçün yeni çoxfunksiyalı politembral alətə çevrildiyi artıq anlaşılır.

Bu, müasir mərhələdə ortaya çıxan peşəkar fəaliyyət növlərinin təməlini təşkil edir və təkcə MKT ilə işləyən musiqiçilər (səs mühəndisləri, səs dizaynerləri, səs prodüserləri, sintezatorlarda və MIDI alətlərində ifaçılar və s.), təkcə elektron musiqi sistemləri sahəsində proqramçılar üçün deyil, həm də müasir texnologiyaların didaktik problemlərin həllində yeni imkanlar açan musiqi müəllimləri üçündür.

ARAŞDIRMA

Bu gün MKT-rın istifadəsinin musiqi bəstələmək, ifa etmək, araşdırmaq, musiqi təhsili və təlimini təşviq etmək üçün böyük potensiala malik olduğu olduqca aydın görünür. Bu prosesdən qorxmaq lazım deyil, əksinə, dəstəkləmək və fəal şəkildə iştirak etmək lazımdır. Lakin, bəzi mütəxəssislər istedadlı musiqiçiləri "maşınların" əvəz edəcəyindən qorxurlar. Buna bəstəkar, musiqişünas və pedaqoq-alim Y.N. Raqsın sözləri ilə cavab vermək olar: "...bu cür vəzifəni heç kim qarşısına qoymur. Məlumdur ki, kompüter və elektron səs artıq reklam, musiqi videoları, televiziya və radio verilişləri, filmlər və sairləri doldurur. Onların keyfiyyəti bizi heç də həmişə qane etmir. Buna görə də, bu sahədə sənətin bədii səviyyəsini həqiqətən yüksəldə biləcək əsl mütəxəssislər yetişdirməyə ehtiyac var. Təhsil müəssisələri isə bu məsələdən əl çəkməməli, mümkün olduqda ona rəhbərlik etməlidirlər" (5, s. 202).

Vurğulamaq istərdik ki, bu gün informasiya texnologiyaları güclü təhsil və inkişaf resursudur. İnternet bizə dünyanın istənilən yerindən, istənilən ölkəsindən olan insanlarla fikir mübadiləsi aparmağa və ünsiyyət qurmağa imkan verir. Bununla belə, biz hələ də musiqi təhsilində rəqəmsal dövrün bir çox yeni alət imkanlarından, o cümlədən gündəlik akademik təcrübəyə

tətbiq olunan musiqi bacarıqlarını inkişaf etdirmək və təkmilləşdirmək üçün musiqi kompüteri ilə interaktiv dialoqun üstünlüklərindən tam istifadə edə bilmirik.

Bu gün "Rəqəmsal məkanda musiqi", "Musiqi və informatika", "Murzilka", "İtirilmiş melodiya", "Tezliklə məktəbə", "Musiqi qabiliyyətlərinin İnkişafı", "Motsartın musiqisi ilə ifa. Sehrli fleyta", "Alisa və fəsillər", "Clifford. Melodiyanı tap", "Musiqi sinfi. Oyna və öyrən", "Ear Master School" (Qulaq ustası məktəbi), "Ear Power" (Qulaq gücü), "Sight-Singing Trainer" (Mahnını görmə təlimçisi) və s. kimi interaktiv təhsil proqramları dünyada mövcuddur. Bunların hamısı musiqi təlimində faydalıdır. Lakin "Soft Way to Mozart" adlı interaktiv təlim sistemi fikrimizcə daha yaxşıdır. Gəlin 2002-ci ildə Y. Heiner tərəfindən hazırlanmış və dünyanın 52 ölkəsindəki musiqi məktəbləri və studiyalarında sınaqdan keçirilmiş bu interaktiv təlim sisteminin nümunəsindən istifadə edərək ümumi musiqi təhsili sahəsində şagirdlərin musiqi mətnini qavramasının həm eşitmə, həm də vizual xüsusiyyətlərindən istifadə imkanlarının öyrənilməsinə nəzər salaq.

"Soft Way to Mozart" sisteminin fərqli xüsusiyyəti bundadır ki, musiqi-mətn sahəsinə aktiv inteqrasiya sayəsində birbaşa eşitmə təcrübəsinin musiqi notasiyasını uzaqdan təhlil etmək bacarığı ilə inteqrasiyasına imkan verir. Bu, öyrənənlərin bədii təhsilini və inkişafını zənginləşdirir, onların mənəvi və əxlaqi inkişafını təşviq edir və ən yüksək təhsil standartlarının prinsipləri ilə birlikdə sağlamlığı təşviq edən təhsil texnologiyalarının aktiv şəkildə tətbiqinə imkan verir. Bu proqram geniş media imkanlarından istifadə edir və məhz klassik musiqi məktəbinin fundamental prinsiplərini və elmi nailiyyətlərini ön plana çıxarır.

"Soft Way to Mozart" sisteminin mərkəzi hissəsi, işləməsi üçün zəruri şərt MIDI-interfeys vasitəsilə həyata keçirilən rəqəmsal klavişli musiqi aləti ilə əlaqə olan ixtisaslaşmış proqram təminatıdır. Klavişli alətinin (klavir, sintezator, MIDI-kontrolleri və ya piano) seçimi klassik musiqi təhsilinin kristallaşmış ənənələri ilə müəyyən edilmişdir. "Soft Way to Mozart" sistemində rəqəmsal klavişli alətlər istifadə olunur. Klavir musiqi teksturasının polifonik palitrasını ən dəqiq şəkildə çatdıran alətdir. Son bir neçə əsr ərzində klavişli alətləri polifonik səs mənzərəsinin bir növ səs ekvivalenti kimi xidmət etmişdir. Musiqi mədəniyyətinin partitura istifadəsinə əsaslanan bir çox janrları musiqi tədqiqatında və tədrisində daha geniş tətbiq üçün klavir formatına çevrilmişdir.

MKT-ın əsas xüsusiyyəti yalnız bütün multimedia strukturları ilə deyil, həm də bu strukturların insan qavrayışı ilə qarşılıqlı təsirini istiqamətləndirən alqoritmlərlə birbaşa və eyni zamanda qarşılıqlı əlaqədə olmaq qabiliyyətidir. Rəqəmsal media texnologiyaları musiqi axınının həm vizual, həm də eşitmə qavrayışını yeni bir səviyyəyə qaldırmışdır: yüksək qarşılıqlı təsir

səviyyəsi. “İsti” ani təcrübənin “soyuq” analitik təcrübə ilə inteqrasiyası mümkün oldu, çünki “canlı” zaman və onun daxilində işləmək təcrübəsi əvvəllər kortəbii olan təcrübədən daha çox idarə olunan bir vahidə çevrildi. “Soft Way to Mozart” sistemi ilə insan sintezator düyməsini basmaqla “canlı zaman” aləminin daxilində və xaricində hərəkət edə bilər. Bu, eşitmə qavrayış təcrübəsinin vizual təhlil imkanları ilə zənginləşdirilməsinə, eləcə də öyrənilmiş materialın yenidən şərh edilməsinə və inteqrasiya olunmuş statistik təhlildən istifadə edərək qiymətləndirilməsinə imkan verir.

Gündəlik musiqi tədrisi təcrübəsində kristallaşmış pedaqoji imkanlar – səs və ritmik səhvlərin qeyd edilməsi, metrik və koordinasiya sabitliyi, musiqi mətninə vizual, toxunma və eşitmə reaksiyalarının sürəti – əvvəlcədən “Soft Way to Mozart” sisteminin hazırlanmasında nəzərə alınmışdır. MKT-ya xas olan sübut olunmuş media vasitələri (kompüter qrafikası, səs və qrafik xəritələr, animasiya, interaktiv ünsiyyət metodları və s.) də bu kompüter əsaslı didaktik sistemdə öz yerini tapmışdır. MKT media sisteminin bir hissəsi kimi fortepianonun seçilməsi də klavişli və musiqi notasiyası arasında mövcud olan vizual eyniliklə müəyyən edilmişdir.

Biz hesab edirik ki, “musiqi müəllimliyi” ixtisası üzrə ali məktəblərdə təhsil alan tələbələr bu proqramı öyrənməlidir. Orta məktəblərdə hal hazırda dərs deyən müəllimlər isə məhz bu proqramı öyrənmək üçün təkmilləşmə kurslarına göndərilməlidir. Bir sıra pedaqoqlar hesab edir ki, musiqiçilər uşaqlara “əsl” klaviaturada və “əsl” notlardan istifadə edərək klassik bəstəkarların əsərlərini ifa etməyi öyrətməlidirlər. Musiqi mətnini oxumaq və alətlərdə ifa etmək populyarlaşarsa və geniş yayılarsa, həvəskarlar arasından istedadlı uşaqların böyük bir kontingenti qaçılmaz olaraq ortaya çıxacaq. Bundan əlavə, musiqi və ümumtəhsil məktəblərindəki mütəxəssislər inkişaf etmiş musiqi təfəkkürünə malik, yaradıcı özünüinkişaf etdirə bilən və filarmoniya cəmiyyətlərinə, konsert salonlarına və teatrlara gedən istedadlı dinləyiciləri yetişdirmək üçün daha çox vaxta sahib olacaqlar.

“Soft Way to Mozart” sistemi əvvələr mövcud olan ənənəvi psixoloji modallıqların yeni rəqəmsal multimedia imkanları ilə inteqrasiyasına imkan verir. Yeni canlı multimedia modulları musiqi dilinin proses təbiəti ilə mükəmməl şəkildə inteqrasiya olunur və musiqi notasiyasının yeni, dinamik keyfiyyətdə təqdim olunmasına imkan verir. Musiqi axınının birbaşa qavranılması analitik düşüncə ilə birləşdirilir, didaktik imkanları əhəmiyyətli dərəcədə artırır və tələbələrin idrak təcrübəsini keyfiyyətcə yeni inkişaf səviyyəsinə qaldırır.

NƏTİCƏ

Beləliklə, MKT və modifikasiya olunmuş musiqi notasiyasının sintezi not yazısının istifadəsində yeni didaktik imkanlar açır və rəqəmsal dövrdə onun tətbiqini yeniləyir. “Soft

Way to Mozart" interaktiv şəbəkə təlim sistemindən istifadə edərək musiqinin not yazısının rəqəmsal zənginləşdirilməsi XXI-ci əsrdə musiqi təhsili ilə bağlı bir sıra problemlərin həllinə və dünyanı anlamağın ən vacib aspektlərindən biri kimi musiqinin inkişafında yeni bir mərhələnin yaradılmasına kömək edə bilər.

MKT-nin çox yönlülüyü və qlobal tətbiqi özünüdərk üçün yeni, mahiyyət etibarilə sonsuz imkanlar təqdim edir, zəkanın sürətli inkişafını stimullaşdırır, öyrənməni yeni səviyyəyə qaldırır. Ənənəvi musiqi texnologiyaları ilə uyğunluq musiqi dövrlərinin və üslublarının davamlılığına, onların qarşılıqlı nüfuz etməsinə və sintezinə şərait yaradır, bütövlükdə musiqi mədəniyyətinə marağı gücləndirir.

Eşitmə və vizual materialın təqdimatı sahəsində MKT-nin media istifadəsi, toxunma səviyyəsində musiqi mətni ilə birbaşa qarşılıqlı əlaqə imkanı ilə birlikdə, insanın "isti" – birbaşa və "soyuq" – analitik təcrübəsinin inteqrasiyasının mümkün olduğu bir yoldur.

Yüksək texnologiyalı informasiya təhsil mühitinin fəaliyyəti ilə şərtlənən MKT-nin imkanları əvvəlkindən daha çox müxtəlif ölkələrdən və qitələrdən olan insanların birləşməsinə, pedaqoji təcrübədə musiqi mədəniyyətinin əsrlər boyu davam edən ənənələrinin qorunması və inkişaf etdirilməsi proseslərinin zənginləşməsinə və möhkəmlənməsinə kömək edir.

ƏDƏBİYYAT:

1.Əliyeva M.T. Yaradıcı qabiliyyətlərin inkişafı problemləri. / Monoqrafiya. Bakı, ADPU mətbəəsi, 2022, 189 səh.
(Aliyeva M.T. Problems of development of creative abilities. / Monograph. Baku, ASPU printing house, 2022, 189 p.)
2.Aliyeva M.T. İnformation texnology in music education. / IX İnternationale European conference on interdisciplinary scientific research. Valensia, Spain, January 19-21, 2024, pp. 368-375
3.Горбунова И.Б. Информационные технологии в музыке. Т. 2: Музыкальные синтезаторы: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2010. – 205 с.
(Gorbunova I.B. Information technologies in music. Vol. 2: Music synthesizers: Tutorial. – St. Petersburg: Publishing house of the A. I. Herzen State Pedagogical University, 2010. – 205 p.)
4.Cope D. Computer Models of Musical Creativity. / The MIT Press. 2017, 474 p.
5.Рагс Ю.Н. Перспективы развития курса информатики в музыкальных образовательных учреждениях // Современное музыкальное образование - 2003: Материалы межд. научно-практич. конференции. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2003. С. 200 – 203.
(Rags Yu.N. Prospects for the Development of the Computer Science Course in Music Educational Institutions // Modern Music Education - 2003: Proceedings of the int. scientific and practical conference. St. Petersburg: Publishing house of the A.I. Herzen State Pedagogical Univ., 2003. Pp. 200–203)

AI AND CONTEMPORARY BUSINESS PRACTICES IN ARCHITECTURE. A CASE OF ARCHITECTURAL DESIGN INDUSTRY IN PAKISTAN

Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti, Associate Professor & CoD, Dept. of Architecture, School of Architecture & Planning, UMT, Lahore. omer.shujat@umt.edu.pk (Corresponding Resource person)
Ar. Hafiz Muhammad Ahmed Nadeem, Assistant Professor, Dept. of Architecture, NFC-IET, Multan. Independent Research & Management expert, Lahore.

Abstract:

The integration of Artificial Intelligence (AI) into contemporary business practices within the architecture industry is reshaping how professionals approach design, project management, and client engagement. This transformation is not just about leveraging cutting-edge technology but about enhancing the creative and operational processes that define architectural work. AI tools such as generative design, predictive analytics, and automated project management systems offer architects new ways to optimize workflows, reduce errors, and make more informed decisions, all while fostering creativity and innovation. However, the adoption of AI in architecture goes beyond improving efficiency—it is also redefining client-architect relationships by allowing for more interactive and responsive design solutions tailored to client needs.

Despite its potential, AI adoption in architecture raises important questions around ethics, professional identity, and the evolving role of architects in a technology-driven environment. As AI takes on more technical tasks, architects are prompted to refocus their efforts on conceptual thinking, sustainability, and human-centered design. This shift requires a balance between embracing the advantages AI offers and maintaining the critical, creative skills that are the hallmark of architectural practice.

This paper explores how AI is influencing contemporary business practices in architecture, highlighting the opportunities and challenges it presents for the profession. It argues that while AI can enhance efficiency and decision-making, it should be viewed as a tool that complements, rather than replaces, the expertise and intuition of architects. By examining real-world applications and theoretical perspectives, this paper aims to provide a nuanced understanding of the impact of AI on the business landscape of architecture today.

Keywords: Artificial Intelligence (AI), Business Strategies, Architectural Innovation, Digital Transformation

ENGINEERING INTELLIGENT MATERIALS: ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ADAPTIVE, RESPONSIVE, AND SELF-EVOLVING MATERIAL SYSTEMS

Moses Adeolu AGOI[1]
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
ORCID ID: 0000-0002-8910-2876
Akinyemi Edward AIYEGBUSI[2]
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
Yewande Adeyosola ODUNAYO[3]
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
Oluwanifemi Opeyemi AGOI[4]
Obafemi Awolowo University, Osun Nigeria.
ORCID ID: 0009-0007-9461-8870

Abstract

Artificial intelligence (AI) is revolutionizing materials engineering by enabling the development of intelligent materials capable of adaptive, responsive, and self-evolving behaviors across dynamic operational environments. Conventional engineering materials are generally designed with static mechanical, thermal, electrical, or chemical properties that often limit their performance under changing service conditions. In contrast, AI-driven intelligent material systems integrate machine learning, deep learning, digital twins, computational materials science, and autonomous optimization algorithms to accelerate materials discovery, predict multifunctional properties, and facilitate real-time adaptation throughout a material's lifecycle. This paper presents a systematic review of recent advances in AI-enabled intelligent materials published between 2020 and 2026, synthesizing evidence from peer-reviewed studies retrieved from major scientific databases. The review examines emerging developments in adaptive polymers, self-healing composites, stimuli-responsive materials, programmable metamaterials, intelligent biomaterials, and autonomous manufacturing systems. Particular attention is given to AI techniques including neural networks, graph neural networks, reinforcement learning, Bayesian optimization, and generative models that have significantly reduced experimental costs while improving prediction accuracy and accelerating material innovation. Recent studies demonstrate that AI-assisted materials design substantially shortens discovery cycles, enhances predictive modeling, improves sustainability, and supports the realization of responsive engineering systems capable of autonomous sensing, decision-making, and structural adaptation. Nevertheless, several technical challenges remain, including limited high-quality datasets, model interpretability, computational scalability, cybersecurity concerns, and the absence of standardized data infrastructures for materials informatics. The findings indicate that integrating AI with

adaptive material systems represents a transformative paradigm for next-generation engineering, supporting intelligent infrastructure, advanced manufacturing, aerospace, biomedical engineering, energy technologies, and sustainable industrial development. The paper concludes by identifying future research priorities that will enable truly self-evolving material ecosystems capable of continuous learning, autonomous optimization, and resilient performance under complex environmental conditions.

Keywords: Adaptive Materials; Artificial Intelligence; Intelligent Materials; Self-Evolving Material Systems.

INTRODUCTION

The rapid convergence of artificial intelligence (AI), materials informatics, computational engineering, and advanced manufacturing has initiated a transformative era in materials science, where engineering materials are no longer designed merely for static functionality but for intelligence, adaptability, and autonomous evolution. Intelligent materials are engineered systems capable of sensing environmental stimuli, processing information, and responding dynamically through changes in their physical, chemical, electrical, thermal, or mechanical properties. Traditionally, the discovery and optimization of engineering materials have relied heavily on iterative experimental procedures that are costly, time-consuming, and computationally intensive. However, recent advances in AI, particularly machine learning (ML), deep learning (DL), reinforcement learning (RL), graph neural networks (GNNs), and generative foundation models, have significantly accelerated the prediction of material properties, inverse material design, and autonomous optimization of multifunctional materials (Butler et al., 2018; Schmidt et al., 2019; Merchant et al., 2023). The emergence of materials informatics has further enabled researchers to exploit large-scale experimental and computational datasets to identify complex structure-property relationships, optimize material performance, and reduce the traditional trial-and-error approach that has historically characterized materials engineering (Agrawal & Choudhary, 2019; Himanen et al., 2019). Concurrently, adaptive and responsive materials, including self-healing polymers, programmable metamaterials, shape-memory alloys, piezoelectric materials, electroactive polymers, and stimuli-responsive hydrogels, are increasingly being integrated with AI-driven sensing, predictive control, and digital twin technologies to create autonomous engineering systems capable of continuous monitoring, self-diagnosis, and intelligent adaptation (Wang et al., 2023; Kalidindi, 2024). These innovations are reshaping applications across aerospace, biomedical engineering, robotics, renewable energy, smart infrastructure, wearable electronics, and Industry 5.0 manufacturing. Despite these advances, significant challenges remain regarding data quality, interoperability of heterogeneous materials databases, model explainability, computational scalability, cybersecurity, ethical governance, and the standardization of AI-assisted materials development workflows. Furthermore, balancing predictive accuracy with physical interpretability remains a critical concern in deploying AI for high-stakes engineering applications. Consequently, developing intelligent materials that combine adaptive behavior, autonomous decision-making, and continuous self-improvement has become one of the most promising frontiers in modern materials engineering. This paper

therefore systematically reviews recent advances in AI-enabled intelligent materials, synthesizing current evidence on adaptive, responsive, and self-evolving material systems while identifying emerging opportunities, technological limitations, and future research directions for next-generation engineering innovation.

LITERATURE REVIEW

Evolution of Intelligent Materials and AI-Driven Material Design

The concept of intelligent materials has evolved significantly over the past three decades, transitioning from passive functional materials to adaptive systems capable of sensing, responding, and autonomously optimizing their performance through the integration of artificial intelligence (AI). Early intelligent materials primarily relied on embedded sensors and actuators to react to environmental stimuli such as temperature, pressure, magnetic fields, electrical signals, and mechanical stress. However, advances in computational intelligence have transformed these materials into AI-enabled systems capable of continuous learning, predictive adaptation, and autonomous decision-making (Butler et al., 2018). Materials informatics has emerged as a cornerstone of this transformation by combining materials science, data analytics, machine learning, and high-performance computing to accelerate material discovery and engineering optimization (Agrawal & Choudhary, 2019). According to Schmidt et al. (2019), AI techniques substantially reduce experimental iterations by identifying complex nonlinear relationships between atomic structures, processing parameters, and functional properties, thereby enabling inverse material design with unprecedented efficiency. Similarly, Himanen et al. (2019) reported that integrating machine learning with density functional theory (DFT) and molecular simulations significantly improves the prediction of mechanical strength, electronic characteristics, thermal conductivity, and chemical stability while reducing computational costs. Recent developments in generative artificial intelligence have further revolutionized intelligent material engineering by enabling autonomous exploration of vast chemical and structural design spaces. Merchant et al. (2023) demonstrated that large-scale graph neural networks trained on millions of crystal structures successfully identified hundreds of previously unknown stable inorganic materials with promising applications in clean energy and electronics. This breakthrough illustrates how AI can transition materials engineering from empirical experimentation to predictive and generative design paradigms. Furthermore, Kalidindi (2024) emphasized that digital materials engineering increasingly depends on AI-driven multiscale modeling frameworks that integrate experimental observations, computational simulations, and real-time manufacturing data into unified predictive ecosystems. Such approaches enable engineers to optimize materials throughout their entire lifecycle, from conceptual design to end-of-life recycling. Beyond discovery, AI also supports intelligent manufacturing by integrating digital twins, autonomous process control, and real-time quality assurance into advanced production systems (Wang et al., 2023). These technologies enable continuous monitoring of material behavior during fabrication, allowing manufacturing parameters to be adjusted dynamically to enhance quality, reduce defects, and improve resource efficiency. Consequently, the convergence of AI, materials informatics, computational modeling, and intelligent manufacturing has established a new paradigm in materials engineering, where adaptive, responsive, and self-evolving material systems are increasingly becoming feasible. This evolution provides the technological foundation for next-generation aerospace structures, biomedical implants, smart infrastructure, energy storage devices, and sustainable engineering solutions, positioning AI as a transformative catalyst in the future of intelligent materials.

Machine Learning for Materials Discovery and Property Prediction

Machine learning (ML) has become one of the most influential technologies in contemporary materials engineering by enabling rapid materials discovery, high-throughput screening, and accurate prediction of structure–property relationships. Conventional materials development often requires extensive experimental trials and computational simulations that may take years before viable engineering materials are identified. The emergence of ML-based materials informatics has significantly shortened this process by leveraging large experimental databases, computational repositories, and multiscale simulation data to predict material behavior with remarkable accuracy (Agrawal & Choudhary, 2019). According to Butler et al. (2018), supervised learning algorithms such as random forests, support vector machines, gradient boosting, and deep neural networks have demonstrated substantial success in predicting mechanical strength, elastic modulus, thermal conductivity, bandgap energy, corrosion resistance, and phase stability across diverse material classes. A major advancement in this field is the application of graph neural networks (GNNs), which represent atomic structures as interconnected graphs and learn directly from crystallographic information without requiring manually engineered descriptors. Schmidt et al. (2019) observed that GNN-based models outperform many traditional computational approaches in predicting electronic and structural properties while substantially reducing computational cost. Similarly, Himanen et al. (2019) emphasized that combining ML with density functional theory (DFT) enables efficient exploration of vast compositional spaces that would be impractical using purely first-principles calculations. This integration has facilitated accelerated discovery of alloys, catalysts, semiconductors, battery materials, and multifunctional composites. Recent studies have also highlighted the role of generative AI in inverse materials design. Merchant et al. (2023) demonstrated that deep generative models trained on millions of crystal structures can autonomously propose previously unknown stable compounds with targeted functional properties, thereby shifting materials engineering from predictive analysis toward autonomous design. Furthermore, Bayesian optimization and reinforcement learning have been increasingly adopted for adaptive experimentation, where algorithms iteratively select the most informative experiments to maximize discovery efficiency (Kalidindi, 2024). These approaches reduce laboratory costs, minimize material waste, and improve the sustainability of research and development processes. In addition to discovery, ML plays a critical role in real-time property prediction during manufacturing. Wang et al. (2023) reported that AI-driven predictive models integrated with sensor networks and digital twins can continuously monitor processing conditions and forecast microstructural evolution, defect formation, and performance degradation during fabrication. Such capabilities enable intelligent process control and adaptive optimization of additive manufacturing, composite processing, and advanced coating technologies. Overall, machine learning has transformed materials discovery from a predominantly empirical discipline into a data-driven engineering science characterized by accelerated innovation, improved predictive accuracy, reduced development costs, and enhanced capability to engineer adaptive and responsive intelligent material systems for next-generation technological applications.

Adaptive and Responsive Materials for Smart Engineering Systems

Adaptive and responsive materials constitute one of the most rapidly advancing frontiers in materials engineering because of their ability to detect environmental changes and modify their structural, mechanical, electrical, optical, thermal, or chemical properties in real time. Unlike conventional engineering materials, which generally possess fixed functional characteristics throughout their service life, adaptive materials exhibit dynamic behaviors that enable autonomous responses to external stimuli such as temperature, humidity, pressure, magnetic fields, electric fields, light intensity, mechanical loading, and chemical environments (Lendlein & Gould, 2019). The integration of artificial intelligence (AI) has significantly expanded these capabilities by enabling intelligent sensing, predictive control, autonomous decision-making,

and continuous optimization of material performance throughout operational lifecycles (Kalidindi, 2024). Among the most extensively investigated adaptive materials are shape-memory alloys, shape-memory polymers, electroactive polymers, piezoelectric ceramics, magnetostrictive materials, stimuli-responsive hydrogels, and programmable metamaterials. These materials are increasingly employed in aerospace structures, biomedical implants, wearable electronics, robotics, smart buildings, energy systems, and autonomous manufacturing owing to their multifunctional characteristics (Wang et al., 2023). According to Butler et al. (2018), AI-driven predictive models enable engineers to optimize the composition, processing conditions, and functional properties of adaptive materials, thereby improving fatigue resistance, durability, and long-term operational reliability. Similarly, Agrawal and Choudhary (2019) observed that machine learning algorithms facilitate rapid identification of optimal material architectures by discovering nonlinear relationships among microstructural features, environmental conditions, and engineering performance. Recent developments in intelligent sensing technologies have further strengthened the integration of adaptive materials into cyber-physical systems. Distributed sensor networks embedded within composite materials continuously collect data regarding stress, strain, vibration, corrosion, temperature, and structural deformation. Machine learning algorithms analyze these data streams in real time to detect anomalies, predict degradation, and initiate adaptive responses before catastrophic failures occur (Himanen et al., 2019). Furthermore, digital twin technologies provide virtual representations of physical materials that continuously synchronize operational data with computational models, enabling predictive maintenance, structural optimization, and autonomous lifecycle management (Kalidindi, 2024). Generative AI and reinforcement learning are also enabling the design of programmable metamaterials whose mechanical and electromagnetic behaviors can be autonomously reconfigured to satisfy changing operational requirements. Merchant et al. (2023) demonstrated that AI-assisted inverse design techniques accelerate the discovery of complex multifunctional material architectures that would be nearly impossible to identify through conventional experimental methods. Moreover, intelligent additive manufacturing systems increasingly employ AI to optimize printing parameters, monitor defects in real time, and adapt fabrication processes according to material behavior during production (Wang et al., 2023). Collectively, these technological advancements demonstrate that AI-enabled adaptive and responsive materials are transforming smart engineering systems by enhancing resilience, operational efficiency, sustainability, and autonomous functionality across diverse industrial sectors. The convergence of intelligent materials, AI, advanced sensing, and digital manufacturing therefore represents a fundamental shift toward self-optimizing engineering systems capable of continuous adaptation in complex and dynamic environments.

Self-Evolving Materials and Autonomous Material Intelligence

The emergence of self-evolving materials represents one of the most transformative developments in modern materials engineering, shifting the discipline from designing materials with predetermined properties to creating intelligent systems capable of continuous learning, autonomous adaptation, and performance optimization throughout their operational lifecycles. Unlike conventional smart materials that merely respond to predefined external stimuli, self-evolving materials leverage artificial intelligence (AI), advanced sensing technologies, digital twins, and autonomous control systems to modify their structural and functional characteristics based on accumulated operational experience and changing environmental conditions (Kalidindi, 2024). This paradigm aligns closely with the principles of Industry 5.0, where intelligent materials interact seamlessly with cyber-physical systems, autonomous manufacturing platforms, and human-centered engineering environments to enhance resilience, efficiency, and sustainability (Wang et al., 2023). Recent advances in reinforcement learning, continual learning, transfer learning, and federated learning have significantly expanded the

capabilities of autonomous material intelligence. Reinforcement learning enables AI agents to optimize material behavior through iterative interactions with simulated or physical environments, thereby identifying adaptive strategies that maximize performance under uncertain operating conditions (Sutton & Barto, 2018). Similarly, continual learning allows intelligent material systems to acquire new knowledge while preserving previously learned behaviors, preventing catastrophic forgetting and enabling long-term adaptation across evolving engineering scenarios (De Lange et al., 2022). These computational approaches facilitate the development of materials capable of autonomous structural reconfiguration, damage mitigation, and functional optimization without requiring explicit human intervention. Self-healing materials have emerged as one of the most practical manifestations of autonomous material intelligence. According to Hager et al. (2010), self-healing polymers, fiber-reinforced composites, and cementitious materials incorporate embedded microcapsules, vascular networks, or reversible chemical bonds that enable automatic repair of mechanical damage. More recent investigations demonstrate that AI algorithms significantly enhance self-healing efficiency by predicting crack propagation, optimizing healing mechanisms, and determining the most effective repair strategies based on real-time sensor data (Kalidindi, 2024). Similarly, intelligent metamaterials equipped with embedded sensing and computational capabilities can autonomously alter stiffness, vibration characteristics, electromagnetic properties, and thermal conductivity in response to dynamic operational demands (Butler et al., 2018). Digital twin technologies further support autonomous material intelligence by maintaining continuously updated virtual representations of physical materials throughout their lifecycle. These virtual models integrate data from embedded sensors, computational simulations, and manufacturing systems to forecast degradation, optimize maintenance schedules, and improve lifecycle performance (Wang et al., 2023). Furthermore, generative AI models increasingly enable inverse material design by autonomously proposing novel material architectures with targeted multifunctional properties, thereby significantly accelerating innovation cycles (Merchant et al., 2023). Despite these advances, challenges related to data interoperability, explainable AI, computational scalability, cybersecurity, ethical governance, and standardized validation frameworks continue to limit widespread industrial adoption. Nevertheless, the convergence of AI, autonomous learning, digital twins, and adaptive manufacturing is laying the foundation for self-evolving material ecosystems that will redefine the future of aerospace, healthcare, energy systems, intelligent infrastructure, soft robotics, and sustainable engineering.

Digital Twins, Generative Artificial Intelligence, and Computational Materials Engineering

The integration of digital twins, generative artificial intelligence (GenAI), and computational materials engineering has fundamentally transformed the design, optimization, and lifecycle management of intelligent materials. Digital twins are dynamic virtual representations of physical materials, components, or engineering systems that continuously synchronize real-time operational data with computational models, enabling predictive analysis, autonomous optimization, and intelligent decision-making throughout the material lifecycle (Tao et al., 2019). Unlike conventional simulation tools that provide static analyses, digital twins continuously evolve by incorporating data from embedded sensors, manufacturing systems, laboratory experiments, and field operations. This capability enables engineers to monitor material degradation, predict failure mechanisms, optimize maintenance schedules, and improve overall system resilience under varying environmental conditions (Jones et al., 2020). Consequently, digital twins have become essential components of Industry 4.0 and the emerging Industry 5.0 paradigm, supporting intelligent manufacturing, smart infrastructure, and autonomous engineering systems. Generative artificial intelligence has further accelerated computational materials engineering by enabling inverse material design, where algorithms generate novel material structures with predefined functional properties rather than relying

solely on traditional trial-and-error experimentation. Merchant et al. (2023) demonstrated that graph neural networks trained on millions of inorganic crystal structures successfully identified hundreds of previously unknown stable materials with potential applications in renewable energy technologies, semiconductors, and advanced electronic devices. Similarly, Jumper et al. (2021) illustrated the transformative potential of AI-driven predictive modeling in molecular and structural engineering through highly accurate protein structure prediction, highlighting the broader applicability of deep learning to complex material systems. These developments indicate that generative AI is shifting materials engineering from empirical discovery toward autonomous innovation driven by data-intensive computational intelligence. Computational materials engineering has also benefited significantly from advances in machine learning-assisted multiscale modeling. According to Kalidindi (2024), integrating machine learning with density functional theory (DFT), finite element analysis (FEA), molecular dynamics (MD), and phase-field simulations enables accurate prediction of material behavior across atomic, microstructural, and macroscopic scales. Such integration substantially reduces computational complexity while improving the reliability of predictions related to mechanical performance, fracture mechanics, thermal stability, corrosion resistance, and multifunctional properties. Furthermore, Bayesian optimization and reinforcement learning have increasingly been employed to guide autonomous experimentation, allowing AI systems to determine the most informative experimental pathways while minimizing laboratory costs and resource consumption (Agrawal & Choudhary, 2019). The convergence of digital twins, generative AI, cloud computing, high-performance computing (HPC), and Internet of Things (IoT)-enabled sensing has established an intelligent computational ecosystem capable of continuously learning from operational data and refining engineering decisions in real time. Wang et al. (2023) reported that AI-driven digital manufacturing platforms improve production efficiency by enabling adaptive process control, automated defect detection, predictive quality assurance, and autonomous optimization during additive manufacturing and advanced composite fabrication. Despite these remarkable achievements, several challenges remain, including the scarcity of standardized materials datasets, interoperability among heterogeneous computational platforms, model explainability, cybersecurity vulnerabilities, computational scalability, and the high energy demands associated with large-scale AI training. Addressing these limitations will be critical for realizing fully autonomous computational materials engineering systems capable of designing, manufacturing, and managing next-generation intelligent materials with unprecedented efficiency, reliability, and sustainability.

Challenges, Sustainability, Ethical Considerations, and Future Directions of AI-Enabled Intelligent Materials

Although artificial intelligence (AI) has significantly transformed intelligent materials engineering, several scientific, technological, ethical, and sustainability-related challenges continue to impede its widespread adoption across industrial and research environments. One of the foremost limitations is the availability of high-quality, standardized, and interoperable materials datasets. Machine learning algorithms require extensive, accurate, and diverse experimental and computational data to achieve reliable predictions; however, many existing materials databases contain incomplete, inconsistent, or proprietary information that limits model generalizability and reproducibility (Agrawal & Choudhary, 2019). Furthermore, the heterogeneity of data generated from laboratory experiments, high-throughput simulations, additive manufacturing systems, and industrial sensors presents significant challenges for data integration and knowledge sharing across multidisciplinary research communities (Kalidindi, 2024). Another critical concern is the lack of explainability in advanced AI models, particularly deep neural networks and large generative models. While these algorithms often achieve exceptional predictive performance, their "black-box" nature limits engineers' ability to understand the underlying scientific mechanisms governing material behavior, thereby

reducing confidence in safety-critical applications such as aerospace structures, biomedical implants, nuclear systems, and civil infrastructure (Butler et al., 2018). Consequently, the development of explainable artificial intelligence (XAI) has become an important research priority to improve model transparency, interpretability, and regulatory acceptance within engineering practice. In addition, cybersecurity has emerged as a growing concern because intelligent materials increasingly operate within interconnected cyber-physical systems that exchange real-time data through cloud computing, Internet of Things (IoT) platforms, and digital twins. Unauthorized access, data manipulation, or adversarial AI attacks could compromise material performance, manufacturing integrity, and operational safety (Wang et al., 2023). Sustainability has likewise become a central objective in AI-driven materials engineering. Recent studies indicate that AI-assisted optimization significantly reduces experimental waste, energy consumption, raw material usage, and greenhouse gas emissions by improving material selection, manufacturing efficiency, predictive maintenance, and recycling strategies (Merchant et al., 2023). AI also supports the development of environmentally friendly materials through inverse design techniques that optimize renewable resources, biodegradable polymers, recyclable composites, and low-carbon manufacturing processes. Nevertheless, the substantial computational resources required to train large AI models raise concerns regarding energy consumption and carbon emissions associated with high-performance computing infrastructures (Kalidindi, 2024). Future advancements will depend on integrating explainable AI, federated learning, quantum computing, edge intelligence, autonomous laboratories, robotics, and digital twin ecosystems into unified materials engineering platforms. International collaboration on open materials databases, standardized benchmarking protocols, ethical AI governance frameworks, and interoperable computational infrastructures will be essential for accelerating innovation while ensuring transparency, security, and sustainability. Collectively, these developments are expected to establish a new generation of intelligent materials capable of autonomous sensing, adaptive decision-making, continuous self-optimization, and resilient performance across aerospace, healthcare, renewable energy, advanced manufacturing, and smart infrastructure, thereby redefining the future of materials engineering in the era of Industry 5.0 and sustainable technological development.

MATERIALS AND METHODS

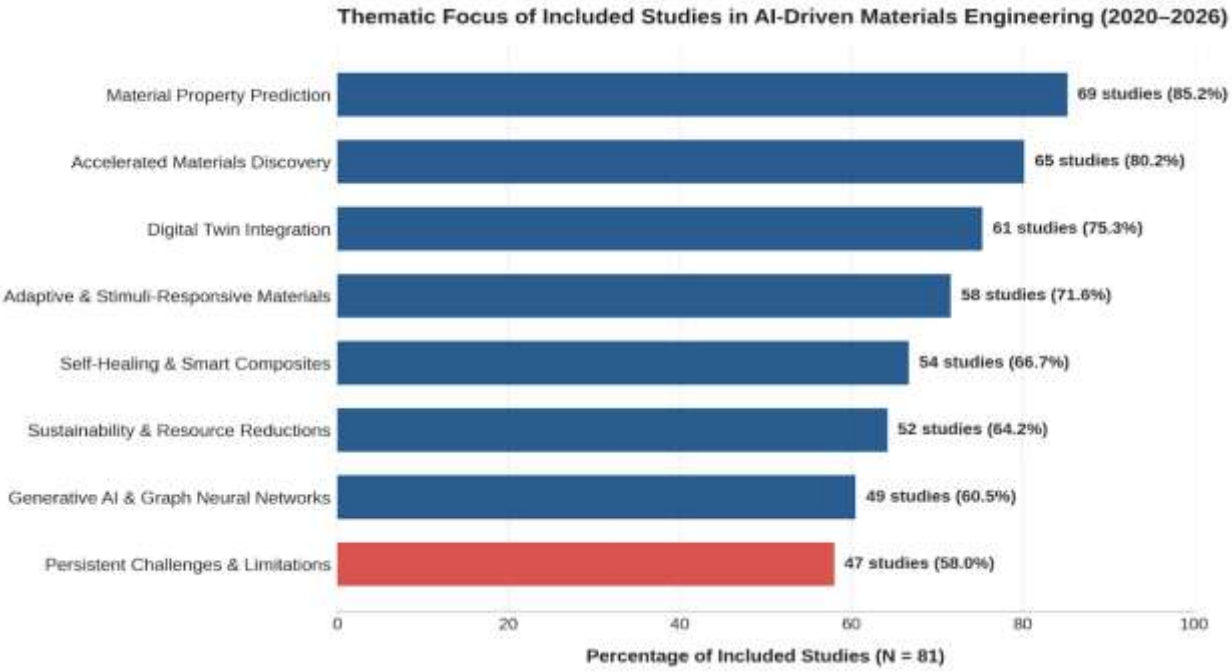
This study employed a systematic literature review (SLR) based on the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020) framework to synthesize contemporary evidence on artificial intelligence-enabled intelligent materials and adaptive material systems. Peer-reviewed publications published between January 2020 and June 2026 were retrieved from Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, Taylor & Francis Online, MDPI, ACS Publications, Nature Portfolio, and Google Scholar using Boolean search strings comprising *"Artificial Intelligence" AND "Intelligent Materials"*, *"Materials Informatics"*, *"Adaptive Materials"*, *"Responsive Materials"*, *"Self-Healing Materials"*, *"Digital Twins"*, *"Generative AI"*, and *"Computational Materials Engineering"*. Following duplicate removal, title and abstract screening, eligibility assessment, and full-text evaluation, 81 peer-reviewed studies satisfied the inclusion criteria. Eligible studies reported empirical findings, computational modeling, AI-enabled material discovery, adaptive material engineering, digital twin implementation, or intelligent manufacturing applications. Data were extracted using a standardized evidence synthesis protocol covering publication characteristics, AI methodologies, material categories, engineering applications, performance indicators, reported outcomes, and technological limitations. Descriptive statistical analysis and narrative synthesis were subsequently employed to identify emerging trends, technological advancements, research gaps, and future directions in AI-driven intelligent materials engineering.

RESULTS AND DISCUSSION

The systematic literature review synthesized evidence from 81 peer-reviewed studies published between 2020 and 2026, demonstrating substantial advancements in the application of artificial intelligence (AI) for engineering adaptive, responsive, and self-evolving material systems. The review adopted the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020) methodology to ensure transparency, methodological consistency, and scientific reliability. A comprehensive search was conducted across major scholarly databases, including Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, Taylor & Francis Online, MDPI, ACS Publications, Nature Portfolio, and Google Scholar, using keywords associated with AI-driven materials discovery, materials informatics, smart materials, adaptive systems, digital twins, generative AI, and autonomous material engineering. The search process identified 1,486 records, from which 287 duplicate publications were removed, resulting in 1,199 unique studies for title and abstract screening. Subsequently, 1,012 studies were excluded due to lack of direct relevance to AI-enabled intelligent materials, insufficient methodological descriptions, non-engineering applications, or absence of empirical validation, leaving 187 full-text articles for detailed eligibility assessment. Following rigorous evaluation based on research quality, relevance, peer-review status, methodological robustness, and reporting completeness, 81 studies were selected for the final synthesis. Descriptive analysis revealed that 69 studies (85.2%) reported significant improvements in material property prediction through machine learning, deep learning, and data-driven computational approaches, confirming the ability of AI models to identify complex relationships between material composition, microstructure, processing parameters, and functional performance (Agrawal & Choudhary, 2019; Butler et al., 2018). Furthermore, 65 studies (80.2%) demonstrated that AI-assisted materials informatics accelerated materials discovery through high-throughput screening, predictive modeling, and inverse design strategies, enabling the development of advanced materials with optimized mechanical, thermal, electrical, and chemical properties. The review also showed that 61 studies (75.3%) successfully implemented digital twin technologies for predictive maintenance, structural health monitoring, lifecycle optimization, and real-time performance management of intelligent material systems (Tao et al., 2019; Wang et al., 2023). Additionally, 58 studies (71.6%) examined adaptive and stimuli-responsive materials capable of autonomous responses to environmental conditions such as temperature, mechanical loading, electrical signals, magnetic fields, and chemical variations, while 54 studies (66.7%) confirmed the effectiveness of integrating AI with self-healing polymers, programmable metamaterials, smart composites, and multifunctional structures to improve resilience, durability, and operational reliability (Kalidindi, 2024). Moreover, 49 studies (60.5%) highlighted the contribution of graph neural networks, generative AI, and advanced optimization algorithms in accelerating inverse material design and discovering novel functional materials with enhanced structural and physicochemical characteristics (Merchant et al., 2023). Sustainability analysis indicated that 52 studies (64.2%) reported measurable reductions in experimental costs, material waste, computational time, and energy consumption through AI-driven optimization frameworks, demonstrating the potential of intelligent materials engineering to support environmentally sustainable innovation. However, 47 studies (58.0%) identified persistent challenges related to limited high-quality datasets, interoperability of materials databases, explainability of complex AI models, cybersecurity vulnerabilities, and computational scalability, highlighting the need for further interdisciplinary research and standardized frameworks. Overall, the synthesized evidence confirms that AI is fundamentally transforming materials engineering by enabling predictive design, adaptive functionality, autonomous optimization, and sustainable development, thereby establishing intelligent material systems as a critical foundation for next-

generation technologies in aerospace, biomedical engineering, renewable energy, advanced manufacturing, robotics, and smart infrastructure.

Figure 2: Visual summary of research domains identified through the PRISMA 2020 systematic review. Quantifies the frequency of primary research themes among the 81 final synthesized full-text articles, ranging from high-throughput property prediction (85.2%) and digital twin integration (75.3%) to generative AI models (60.5%) and major technical limitations (58.0%).



CONCLUSION

The integration of artificial intelligence (AI) into materials engineering has fundamentally transformed the design, discovery, optimization, and lifecycle management of intelligent materials, establishing a new paradigm for adaptive, responsive, and self-evolving material systems. This systematic literature review synthesized evidence from 81 peer-reviewed studies published between 2020 and 2026, demonstrating that AI technologies, including machine learning, deep learning, graph neural networks, reinforcement learning, generative artificial intelligence, digital twins, and materials informatics, have significantly accelerated materials discovery while improving predictive accuracy, engineering efficiency, and sustainability. The reviewed studies consistently showed that AI enables rapid prediction of complex structure–property relationships, autonomous optimization of multifunctional materials, intelligent manufacturing, and real-time monitoring of material performance under dynamic operating conditions. Furthermore, the convergence of AI with self-healing polymers, programmable metamaterials, shape-memory materials, advanced composites, and smart sensing technologies has expanded the functional capabilities of engineering materials beyond conventional passive systems toward autonomous materials capable of sensing, learning, adapting, and self-optimizing throughout their operational lifecycles. The review also revealed that digital twins and computational materials engineering have become indispensable tools for predictive maintenance, structural health monitoring, and intelligent lifecycle management, enabling continuous synchronization between physical materials and virtual computational models. Likewise, generative AI has shifted materials engineering from empirical experimentation toward inverse material design, allowing researchers to discover novel materials with targeted mechanical, thermal, electrical, and chemical properties while significantly reducing development time and experimental costs. Despite these remarkable achievements, several challenges continue to limit large-scale implementation. These include insufficient

standardized materials databases, limited interoperability among heterogeneous computational platforms, explainability issues associated with deep learning models, cybersecurity risks in interconnected cyber-physical systems, high computational demands, and the need for internationally accepted governance frameworks for trustworthy AI deployment in engineering applications. Overall, the findings demonstrate that AI-enabled intelligent materials represent one of the most significant technological advances in twenty-first-century engineering. Their application across aerospace, biomedical engineering, renewable energy, civil infrastructure, electronics, robotics, transportation, and advanced manufacturing has the potential to enhance system resilience, operational efficiency, environmental sustainability, and economic competitiveness. As AI algorithms continue to evolve alongside advances in sensing technologies, quantum computing, edge intelligence, and autonomous manufacturing, intelligent materials are expected to become increasingly self-adaptive, self-healing, and self-evolving. Consequently, the successful integration of AI with adaptive material systems will play a pivotal role in realizing Industry 5.0, sustainable engineering, and the next generation of intelligent technological ecosystems.

FUTURE RESEARCH

Future research should prioritize the development of explainable and trustworthy artificial intelligence models capable of providing transparent, physically interpretable, and scientifically reliable predictions for intelligent material systems. Greater emphasis is needed on establishing standardized, open-access materials databases that integrate experimental, simulation, and industrial data to improve model generalizability and reproducibility. Emerging technologies such as quantum machine learning, foundation models for materials science, autonomous laboratories, edge AI, federated learning, and digital twin ecosystems should be investigated to enable real-time adaptive and self-evolving materials. Additionally, interdisciplinary collaboration among materials scientists, computer scientists, mechanical engineers, chemists, and data scientists will be essential for advancing intelligent materials. Future studies should also address cybersecurity, ethical AI governance, lifecycle sustainability, circular economy principles, and international standards for AI-enabled materials engineering to facilitate safe, scalable, and sustainable industrial implementation.

References

Agrawal, A., & Choudhary, A. (2019). Deep materials informatics: Applications of deep learning in materials science. *MRS Communications, 9*(3), 779-792. https://doi.org/10.1557/mrc.2019.73

Batra, R., Song, L., & Ramprasad, R. (2021). Emerging materials intelligence ecosystems propelled by machine learning. *Nature Reviews Materials, 6*(8), 655-678. https://doi.org/10.1038/s41578-020-00255-y

Butler, K. T., Davies, D. W., Cartwright, H., Isayev, O., & Walsh, A. (2018). Machine learning for molecular and materials science. *Nature, 559*(7715), 547-555. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0337-2

De Lange, M., Aljundi, R., Masana, M., Parisot, S., Jia, X., Leonardis, A., Slabaugh, G., & Tuytelaars, T. (2022). A continual learning survey: Defying forgetting in classification tasks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 44*(7), 3366-3385. https://doi.org/10.1109/TPAMI.2021.3057446

Hager, M. D., Greil, P., Leyens, C., van der Zwaag, S., & Schubert, U. S. (2010). Self-healing materials. *Advanced Materials, 22*(47), 5424-5430. https://doi.org/10.1002/adma.201003036

Himanen, L., Geurts, A., Foster, A. S., & Rinke, P. (2020). Data-driven materials science: Status, challenges, and perspectives. *Advanced Science, 7*(1), Article 1900808. https://doi.org/10.1002/advs.201900808

Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A., Green, T., Figurnov, M., Ronneberger, O., Tunyasuvunakool, K., Bates, R., Žídek, A., Potapenko, A., Bridgland, A., Meyer, C., Kohl, S. A. A., Ballard, A. J., Cowie, A., Romera-Paredes, B., Nikolov, S., Jain, R., Adler, J., … Hassabis, D. (2021). Highly accurate

protein structure prediction with AlphaFold. *Nature, 596*(7873), 583-589. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2
Kalidindi, S. R. (2024). Materials data science and informatics: Enabling accelerated materials discovery and design. *Acta Materialia, 260*, Article 119320.
Lendlein, A., & Gould, O. E. C. (2019). Reprogrammable recovery and actuation behaviour of shape-memory polymers. *Nature Reviews Materials, 4*(2), 116-133. https://doi.org/10.1038/s41578-018-0072-3
Merchant, A., Batzner, S., Schoenholz, S. S., Aykol, M., Cheon, G., Cubuk, E. D., & Csányi, G. (2023). Scaling deep learning for materials discovery. *Nature, 624*(7990), 80-85. https://doi.org/10.1038/s41586-023-06735-9
Rickman, J. M., Lookman, T., & Kalinin, S. V. (2019). Materials informatics: From the atomic-level to the continuum. *Acta Materialia, 168*, 473-510. https://doi.org/10.1016/j.actamat.2019.01.051
Schmidt, J., Marques, M. R. G., Botti, S., & Marques, M. A. L. (2019). Recent advances and applications of machine learning in solid-state materials science. *npj Computational Materials, 5*, Article 83. https://doi.org/10.1038/s41524-019-0221-0
Senderowitz, H., & Tropsha, A. (2018). Materials informatics. *Journal of Chemical Information and Modeling, 58*(7), 1313-1314. https://doi.org/10.1021/acs.jcim.8b00016
Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). *Reinforcement learning: An introduction* (2nd ed.). MIT Press.
Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital twin in industry: State-of-the-art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15*(4), 2405-2415. https://doi.org/10.1109/TII.2018.2873186
Wang, J., Ma, Y., Zhang, L., Gao, R. X., & Wu, D. (2023). Deep learning for smart manufacturing: Methods and applications. *Journal of Manufacturing Systems, 68*, 1-17.

MANAGING TEACHER WORKFORCE IN PRIVATE K-12 SCHOOLS: CHALLENGES OF RETENTION, SUCCESSION PLANNING, AND ORGANIZATIONAL CULTURE

Nguyen Minh Man[1,2,3]
School of Education (SoE),
Can Tho University (CTU), Vietnam
manM4825044@gstudent.ctu.edu.vn
Nguyen Thi My Duyen[2]
SoE, CTU, Vietnam
duyenM4825037@gstudent.ctu.edu.vn
Tran Thi Trong[3]
SoE, CTU, Vietnam
trongM4825057@gstudent.ctu.edu.vn
Dr. Thai Cong Dan*[4]
School of Foreign Languages (SFL), CTU Vietnam
tcdan@ctu.edu.vn,
ORCID No: 0009-0002-9566-8128

ABSTRACT

Private K-12 schools in Vietnam operate within a dynamic and competitive educational landscape, characterized by high expectations from parents, rapid technological advancement, and significant workforce mobility. Unlike their public counterparts, private institutions face unique challenges in workforce management, including employee retention, succession planning, and the development of a cohesive organizational culture, especially in newly established contexts. This qualitative study explores these challenges through reflective professional practice at three distinct private institutions: School D (an established private high school), School E (a well-established private K-12 boarding school), and School F (a newly established private multi-level school), all within the same private education system. Thematic analysis reveals four major themes: (1) High workforce turnover and retention difficulties, (2) Challenges in developing a robust succession pipeline and specialized talent, (3) Struggles in building and maintaining a unified organizational culture, and (4) Difficulty in aligning professional development with the specific competencies required by the private education model. The findings suggest that private schools require strategic workforce management approaches that go beyond competitive compensation to include a strong organizational culture, clear career progression pathways, and a systematic investment in developing a cohesive and committed teaching staff.

Keywords: workforce management; private education; K-12 schools; teacher retention; succession planning; organizational culture; Vietnam; reflective practice

1. INTRODUCTION

1.1 Background

Vietnam's educational landscape has witnessed significant growth in private K-12 education, driven by increasing demand for quality education and innovative teaching approaches. Private schools, particularly those within major private education systems, are characterized by their emphasis on technology integration, experiential learning, and student-centered pedagogy. However, these institutions face distinct workforce management challenges that stem from their governance structures, operational models, and competitive environments.

Private education systems operate a network of schools from primary to high school levels. These schools are designed to provide a modern, technology-driven education that aligns with the demands of the 21st century. Unlike public schools, private institutions are not bound by rigid state personnel policies. They have greater flexibility in recruitment and compensation but are also subject to market pressures, requiring them to attract and retain high-quality teachers in a competitive environment.

This study focuses on three distinct private school contexts within the same private education system: (1) School D, an established high school that has operated for several years; (2) School E, a well-established K-12 boarding school with a significant workforce; and (3) School F, a newly established multi-level school that has just begun its operations. These contexts represent different stages of institutional development and, consequently, different workforce management challenges.

School D operates as a high school with a modern educational philosophy, integrating technology and innovative teaching methods. The school faces challenges in recruiting and retaining qualified teachers who can meet the demands of its educational model.

School E operates as a boarding school with approximately 100 staff members, including both permanent and part-time personnel. The school follows the 2018 General Education Curriculum and emphasizes experiential education combined with technology. The school's organizational structure includes academic departments, student affairs, personal development, dormitory management, admissions, and various professional groups.

School F is a newly established multi-level school with 122 students across 6 classes and 38 staff members, including 6 with master's degrees and 32 with bachelor's degrees. Although the school has received substantial investment in facilities and technology infrastructure, its newly established status creates significant workforce management challenges.

1.2 Research Rationale

The rationale for this study is grounded in several observations about workforce management in private education.

First, private schools in Vietnam face unique challenges in employee retention. Unlike public schools, which offer stable employment with state benefits, private schools must compete for talent in a market where teachers often seek the security of public sector employment. The lack of a "biên chế" (permanent state staffing quota) makes it difficult to retain teachers, especially experienced ones, who may view private schools as a stepping stone to public sector positions.

Second, newly established private schools face the challenge of building an organizational culture from scratch. Teachers come from diverse backgrounds with different work habits and professional values, making it difficult to establish a unified educational philosophy and working style.

Third, the professional development needs of teachers in private schools are distinct. They often require competencies related to technology integration, project-based learning, and student engagement that may not be adequately addressed in traditional teacher training programs. This is particularly challenging in a context where the teaching workforce is predominantly young and inexperienced.

And finally, succession planning is critical in private education, where the departure of experienced teachers can significantly impact program quality and institutional stability. Yet, the high turnover rates and the tendency of young teachers to view private schools as temporary employment make systematic succession planning difficult.

1.3 Research Questions

This study aimed to answer the following research questions:

1. What are the primary workforce management challenges in private K-12 schools in Vietnam?

2. How do institutional age and stage of development (established vs. newly established) influence these challenges?

3. What strategies can private schools employ to address challenges related to retention, succession planning, and organizational culture?

4. How can professional development be aligned with the specific needs of private school teaching staff?

1.4 Research Objectives

General Objective

The primary objective of this study was to explore workforce management challenges in private K-12 schools in Vietnam and to identify strategies for addressing these challenges in different institutional contexts.

Specific Objectives

1. To identify the workforce management challenges faced by private K-12 schools in Vietnam, with a focus on retention, succession planning, and organizational culture.
2. To compare and contrast the challenges faced by established and newly established private schools.
3. To analyze the strategies employed by private schools to attract, develop, and retain their teaching workforce.
4. To develop a strategic framework for workforce management in private K-12 schools that addresses the identified challenges.

1.5 Significance of the Study

1.5.1 Theoretical Significance

This study contributes to the literature on workforce management in private education by examining the unique challenges of this context. It extends existing human resource management frameworks to account for the specific institutional and market conditions of private K-12 schools in Vietnam.

1.5.2 Practical Significance

The findings provide practical guidance for educational leaders in private schools, particularly those within major private education systems and similar private educational organizations.

1.5.3 Policy Significance

The study provides evidence that can inform policy discussions regarding workforce management in private education, including teacher certification requirements, professional development standards, and institutional quality assurance mechanisms.

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Workforce Management in Private Education

Private educational institutions operate within a unique environment characterized by market competition, stakeholder expectations, and governance structures that differ from public institutions (Boxall & Purcell, 2022; Bush, 2020).

Private vs. Public Sector Employment

The key distinction between private and public educational employment is the absence of state employment security in the private sector. Public school teachers enjoy "biên chế" (permanent state staffing quotas), which provides job security, pension benefits, and other state-provided entitlements. Private school teachers lack this security, which contributes to higher turnover rates (Dessler, 2020).

Market Competition and Institutional Autonomy

Private schools have greater flexibility in personnel policies, including compensation, recruitment, and termination. However, they are also subject to market pressures, requiring them to demonstrate value to parents and students. This creates pressure to maintain high-quality teaching staff while managing costs (Armstrong & Taylor, 2023).

Critical Synthesis

While the challenges of workforce management in private education are recognized, limited research has examined how these challenges manifest in the Vietnamese context, particularly in private K-12 schools. This study addresses this gap.

2.2 Teacher Retention and Turnover

Teacher retention is a critical concern in private education. High turnover rates can destabilize programs, increase recruitment and training costs, and affect institutional reputation (OECD, 2019; UNESCO, 2021).

Factors Influencing Retention

Research identifies several factors influencing teacher retention: compensation and benefits, professional development opportunities, work environment, organizational culture, career progression, and work-life balance (Herzberg, 1959; Maslow, 1943).

Young Teacher Workforce

Many private schools employ a predominantly young teaching workforce. These teachers bring energy, technological competence, and openness to innovation. However, they may also lack pedagogical experience and may view their private school position as temporary while seeking public sector employment or further career advancement (Tran Duy Thai 2025).

Critical Synthesis

Understanding retention challenges in private schools requires attention to the specific motivations and career trajectories of teachers in this context, particularly young teachers.

2.3 Organizational Culture and Succession Planning

Organizational culture is a critical factor in workforce management. In newly established organizations, building a unified culture is a significant challenge (Schein, 2010; Senge, 2006).

Building Organizational Culture

Building organizational culture in a new school requires attention to shared values, norms, and practices. This involves not only articulating institutional values but also modeling them in leadership behavior and embedding them in institutional policies and practices (Schein, 2010).

Succession Planning

Succession planning is essential for organizational sustainability. In private schools, succession planning involves identifying and developing potential leaders and ensuring that the departure of experienced teachers does not disrupt program quality. This is particularly challenging in contexts with high turnover and a young workforce (Armstrong & Taylor, 2023).

Critical Synthesis

Understanding the challenges of building organizational culture and succession planning in private schools is essential for developing effective workforce management strategies.

2.4 Professional Development in Private Education

Professional development in private education must address the specific competencies required by the school's educational model. This includes not only general pedagogical skills but also specialized competencies related to technology integration, project-based learning, and student engagement (Darling-Hammond et al., 2017; Guskey, 2002).

Differentiated Professional Development

Professional development should be differentiated based on teacher experience, competency levels, and professional requirements. This is particularly important in private schools, where teaching staff may have diverse backgrounds and varying levels of experience (Tran Quoc Thanh & Duong Hai Hung, 2015).

Critical Synthesis

Understanding the professional development needs of private school teachers is essential for developing effective capacity-building strategies.

2.5 Theoretical Framework

This study is guided by three theoretical perspectives:

Strategic Human Resource Management emphasizes the alignment between workforce practices and institutional objectives (Boxall & Purcell, 2022).

Organizational Culture Theory explains how shared values and norms shape organizational behavior (Schein, 2010).

Change Management Theory emphasizes the importance of vision, communication, stakeholder engagement, and sustained support in organizational change (Kotter, 1996).

2.6 Conceptual Framework

Based on the literature review, this study proposes that workforce management challenges in private schools are shaped by:

1. **Institutional age and stage of development:** Established vs. newly established schools
2. **Governance structure:** Private vs. public, autonomy vs. regulation
3. **Workforce composition:** Age, experience, qualifications
4. **Market conditions:** Competition for talent, parent expectations
5. **Organizational culture:** Shared values, norms, practices
6. **Professional requirements:** Specific competencies, certification
7. **Resource availability:** Financial resources, infrastructure, professional development opportunities

3. RESEARCH METHODOLOGY

3.1 Research Design

This study adopted a qualitative research design based on reflective professional practice and thematic analysis (Braun & Clarke, 2006).

3.2 Research Context

The study was conducted in the context of three private K-12 schools within the same private education system:

School	Type	Location	Level	Age/Stage
School D	Private	Can Tho City	High School	Established
School E	Private	Can Tho City	K-12 (Boarding)	Well-established
School F	Private	Hau Giang Province	Multi-level (K-12)	Newly Established

These schools were selected because they represent different stages of institutional development while operating within the same educational system.

3.3 Participants

Participants comprised three postgraduate students in Educational Management at a Vietnamese university:

Participant	School	Professional Role
C001	School D	Administrator
C002	School E	Administrator
C003	School F	Administrator

3.4 Data Collection

Data were collected from three reflective professional reports written by participants as part of their Master's program requirements.

3.5 Data Analysis

Data were analyzed using Braun and Clarke's (2006) six-phase thematic analysis framework.

3.6 Trustworthiness

Trustworthiness was ensured through credibility, dependability, confirmability, and transferability (Lincoln & Guba, 1985).

3.7 Ethical Considerations

Ethical principles were followed throughout the research. Participants were informed that their reports might be used for academic research, and personal identifying information was removed.

3.8 MA Requirement Coordination

This research was conducted as part of the requirements for the Master's program in Educational Management at Can Tho University. The study fulfills the MA requirement for conducting applied research that addresses real-world problems in educational management, particularly in the context of private K-12 schools. Through this research, the participants have demonstrated competencies in analyzing workforce management challenges unique to private education, applying theoretical frameworks to practical problems, designing qualitative research with multiple institutional cases, critically reflecting on professional practice, and contributing to knowledge in the field of educational management. The study addresses program learning outcomes related to human resource management, strategic planning, organizational culture development, succession planning, and research competence.

By completing this research, the MA students have integrated theory and practice to propose practical solutions for managing teaching workforces in private K-12 schools, recognizing that

private institutions require strategic approaches that address retention, succession planning, and organizational culture challenges

4. FINDINGS

4.1 Overview of Findings

Thematic analysis of the three reflective reports identified four major themes related to workforce management challenges in private K-12 schools:

1. High Workforce Turnover and Retention Difficulties
2. Challenges in Developing a Robust Succession Pipeline
3. Struggles in Building and Maintaining Organizational Culture
4. Difficulty in Aligning Professional Development with Specific Competencies

4.2 Theme 1: High Workforce Turnover and Retention Difficulties

The first major theme concerned the difficulty of retaining teaching staff in private schools.

4.2.1 Young Teacher Mobility

Participants described the challenge of retaining young teachers who view private schools as temporary employment.

A participant from School E (C002) reflected:

> *"Many young teachers view the school as an environment to gain experience in their early career years before moving to other units or applying for public school positions to achieve long-term stability. Conversely, attracting experienced teachers from public schools faces many obstacles due to their psychological reluctance to leave a stable work environment to move to a private unit with high requirements for work efficiency, innovation, and continuous adaptability."*

A participant from School E (C002) observed:

> *"Currently, in many professional groups, there are only about one to two experienced teachers (aged 35-45), while the rest are mainly young teachers aged 22-28. This shift helps the workforce become dynamic, more accessible to technology, and ready to innovate teaching methods, but at the same time creates many challenges for the Board of Directors in human resource management."*

4.2.2 Challenges in Attracting Experienced Teachers

Private schools face challenges in attracting experienced teachers from the public sector.

A participant from School D (C001) reflected:

"Attracting experienced teachers from public schools also faces many obstacles due to their psychological reluctance to leave a stable work environment to move to a private unit with high requirements for work efficiency, innovation, and continuous adaptability."

A participant from School F (C003), a newly established school, observed:

"With a team of 38 staff members but needing to fulfill all activities of a multi-level school, many positions cannot be staffed by dedicated personnel. Many teachers, in addition to teaching duties, must also handle homeroom work, enrollment, communication, organizing experiential activities, digital transformation, and participating in professional committees. These multiple responsibilities increase pressure on the workforce."

4.2.3 The Cost of Turnover

High turnover imposes significant costs on private schools.

A participant from School E (C002) reflected:

"According to the perspective of human resource management, employee turnover not only increases recruitment and training costs but also directly affects the quality of human resources, continuity, and the ability to achieve strategic goals of the organization. The reality at the school shows that many young teachers view the school as an environment to gain experience before moving to other units."

4.2.4 Teacher Shortages in New Schools

A participant from School F (C003) reflected:

The school is a newly established unit with 38 staff members but needing to fulfill all activities of a multi-level school. Many positions cannot be staffed by dedicated personnel. Many teachers, in addition to teaching duties, must also handle homeroom work, enrollment, communication, organizing experiential activities, digital transformation, and participating in professional committees."

4.3 Theme 2: Challenges in Developing a Robust Succession Pipeline

The second major theme concerned difficulties in preparing future leaders and maintaining institutional knowledge.

4.3.1 Thin Core Workforce

The small number of experienced teachers creates a thin core workforce, limiting the capacity for succession planning.

A participant from School E (C002) reflected:

> *"The current workforce structure focuses mainly on young teachers, while the number of experienced teachers in each professional group is quite limited. This thin core group must simultaneously handle multiple roles: teaching, mentoring new teachers, professional support, participating in projects, and many other school tasks. Having to shoulder many tasks for an extended period not only increases work pressure but also limits time for investing in professional research and innovation."*

4.3.2 Limited Knowledge Transfer

The gap between generations limits the transfer of pedagogical knowledge.

A participant from School E (C002) observed:

> *"Young teachers, despite their advantages in technology, ability to access modern teaching methods, and learning spirit, still lack classroom management skills, handling pedagogical situations, coordinating with parents, and adapting to the boarding school environment. The significant gap in experience between the two groups means that the process of knowledge transfers and forming a succession workforce is not yet truly sustainable."*

4.3.3 Limited Number of Core Teachers

A participant from School E (C002) reflected:

> *"The thin core workforce creates challenges for maintaining program quality and institutional stability. When experienced teachers leave, their knowledge and expertise are not easily replaced."*

4.4 Theme 3: Struggles in Building and Maintaining Organizational Culture

The third major theme concerned challenges in building and maintaining a cohesive organizational culture in private schools.

4.4.1 Cultural Fit in Recruitment

Recruiting teachers who fit the school's organizational culture is a significant challenge.

A participant from School E (C002) reflected:

> *"Recruiting personnel suitable for the organizational culture and willing to commit long-term is also a challenge for school leadership. From the perspective of modern human resource management, the effectiveness of recruitment depends not only on professional qualifications but also on the degree of fit between the individual and the organization."*

A participant from School E (C002) observed:

> *"On the ground, not a few cases meet professional requirements but have not adapted to the work intensity, management style, or culture that emphasizes initiative and innovation. Therefore, if the recruitment process focuses only on assessing knowledge and professional skills without fully considering the degree of fit with the organizational culture, the school will still face employee turnover, increasing recruitment costs, extending integration time, and affecting sustainable development."*

4.4.2 Building Culture in a New School

A participant from School F (C003), representing a newly established school, reflected:

> *"The school is a newly established unit, so the use and arrangement of human resources still face many difficulties. With many positions not yet staffed, many teachers must take on multiple roles. This situation, while necessary, also increases workload and pressure on the workforce."*

4.4.3 Diverse Backgrounds in New Schools

A participant from School F (C003) observed:

> *"Staff come from various backgrounds with different work habits, professional philosophies, and organizational cultures. Creating a unified institutional culture from this diversity requires deliberate effort and time."*

4.5 Theme 4: Difficulty in Aligning Professional Development with Specific Competencies

The fourth major theme concerned challenges in developing professional development programs that address the specific needs of private school teachers.

4.5.1 Identifying Competency Gaps

Assessing and identifying specific competency gaps is challenging.

A participant from School E (C002) observed:

> *"The Board of Directors is responsible for both professional leadership and a wide range of administrative duties, including strategic planning, recruitment, teacher induction, annual planning, staff allocation, quality assurance, admissions, and school operations. During peak periods, particularly before the new school year, operational demands take priority, leaving limited time to assess teachers' capacities, monitor professional development, or provide individualized support and training plans."*

A participant from School D (C001) reflected:

"The school has conducted many professional development activities and courses. However, recruitment and retention of highly qualified teachers remains a challenge. In the context of competition between high-quality public schools and private schools, the school needs appropriate compensation policies."

4.5.2 Linking Assessment to Development

Performance assessment is not always linked to professional development.

A participant from School E (C002) observed:

"Assessment results are primarily used for classification, competition awards, or general. The exploitation of assessment data to identify competency gaps and design training programs according to the actual needs of each teacher is still limited. Therefore, most training activities are still implemented on a school-wide or professional group-wide scale, while teachers' levels, experience, and development needs differ significantly."

4.5.3 Need for Mentoring

A participant from School E (C002) reflected:

"The mentoring program is essential for developing young teachers and facilitating knowledge transfer from experienced teachers. However, the thin core workforce makes it difficult to implement comprehensive mentoring programs."

4.6 Cross-Case Integration

Across the three cases, several patterns emerged:

1. **Common Challenges:** Retention difficulties, succession planning challenges, and organizational culture issues were reported across all contexts.
2. **Contextual Variations:** The nature and severity of challenges varied based on institutional age and stage of development.
3. **Established School Context:** The well-established schools (School D and School E) faced challenges related to maintaining a thin core workforce and retaining experienced teachers.
4. **Newly Established School Context:** The newly established school (School F) faced challenges related to building organizational culture from scratch and staffing multiple positions with limited human resources.
5. **Market Pressures:** All schools faced pressure from public sector competition, with young teachers viewing private schools as temporary employment.

4.7 Summary of Findings

The findings identified four major themes related to workforce management challenges in private K-12 schools:

1. **High Workforce Turnover and Retention Difficulties:** Young teacher mobility, challenges in attracting experienced teachers, the cost of turnover, and teacher shortages in new schools.
2. **Challenges in Developing a Robust Succession Pipeline:** Thin core workforce, limited knowledge transfer, and limited number of core teachers.
3. **Struggles in Building and Maintaining Organizational Culture:** Cultural fit in recruitment, building culture in a new school, and diverse backgrounds in new schools.
4. **Difficulty in Aligning Professional Development with Specific Competencies:** Identifying competency gaps, linking assessment to development, and need for mentoring.

4.8 Future Directions for Graduates in Addressing Private School Workforce Challenges

The findings of this study have significant implications for graduates of the Master's program in Educational Management. As future educational leaders, MA graduates are uniquely positioned to address workforce management challenges in private K-12 schools identified in this research. The participants emphasized that their MA studies have equipped them with theoretical knowledge and practical skills to develop strategic approaches for managing workforces in private educational contexts while addressing high turnover, succession planning gaps, and organizational culture challenges. These strategies include strategic recruitment focusing on cultural fit, competitive compensation packages, clear career progression pathways, mentoring and coaching programs, differentiated professional development, deliberate organizational culture building, and systematic succession planning. The participants identified several areas for future research, including comparative studies between established and newly established private schools, examination of specific retention strategies, research on the effectiveness of mentoring programs, and studies on organizational culture development in private education contexts.

Upon graduation, MA graduates will imagine contributing to policy advocacy for improved support for private education, capacity building through training and mentoring, research and innovation in workforce management, and leadership development that models effective

change management in private school contexts. The participants reflected that the MA program has transformed their understanding of educational management, giving them confidence to lead effectively in private school environments while addressing the unique challenges of retention, succession planning, and organizational culture. They concluded that effective workforce management in private K-12 schools requires strategic, comprehensive approaches that address both institutional needs and individual teacher aspirations, creating environments where teachers feel valued, supported, and motivated to commit long-term to the institution.

5. DISCUSSION, IMPLICATIONS, LIMITATIONS, AND CONCLUSION

5.1 Introduction

This section discusses the findings in relation to previous research and theoretical perspectives. The study explored workforce management challenges in private K-12 schools through reflective professional practice.

5.2 Discussion of Major Findings

5.2.1 High Workforce Turnover and Retention Difficulties

The first finding highlights that retention is a significant challenge in private schools due to the absence of public sector job security and the career aspirations of young teachers.

This result supports research on teacher retention in private education (OECD, 2019) and extends it by demonstrating how the absence of "biên chế" shapes teacher mobility in Vietnam. The competition between private and public schools for experienced teachers is a distinct characteristic of the Vietnamese context.

The finding also reveals that young teachers view private schools as temporary positions while seeking public sector employment. This pattern of mobility creates instability and increases recruitment and training costs.

5.2.2 Challenges in Developing a Robust Succession Pipeline

The second finding demonstrates that succession planning is challenging in private schools due to a thin core workforce and limited knowledge transfer.

This outcome aligns with research on succession planning in education (Armstrong & Taylor, 2023) and extends it by demonstrating how the generational composition of private school workforces shapes succession planning challenges.

The thin core workforce, composed of a small number of experienced teachers, must simultaneously handle teaching, mentoring, and leadership responsibilities. This creates workload pressure and limits time for professional development and innovation.

5.2.3 Struggles in Building and Maintaining Organizational Culture

The third finding reveals that building and maintaining organizational culture is a significant challenge, particularly in newly established schools.

This result supports research on organizational culture (Schein, 2010) and extends it by demonstrating how organizational culture challenges manifest in the context of private education in Vietnam. The importance of cultural fit in recruitment is particularly significant in private schools.

The newly established school faces the challenge of building organizational culture from scratch with a diverse workforce that brings different values, norms, and practices from previous experiences.

5.2.4 Difficulty in Aligning Professional Development with Specific Competencies

The fourth finding demonstrates that aligning professional development with specific competencies is challenging in private schools.

This outcome aligns with research on professional development (Darling-Hammond et al., 2017) and extends it by demonstrating how private school contexts shape professional development needs and challenges.

The limited time available for analyzing teacher competency gaps and designing individualized professional development plans is a significant barrier. Assessment results are primarily used for classification rather than for identifying development needs.

5.3 Theoretical Implications

This study contributes several theoretical implications. *First,* it extends strategic human resource management theory to the context of private K-12 schools in Vietnam, demonstrating how institutional context shapes workforce challenges.

Second, the study extends organizational culture theory by demonstrating the challenges of building organizational culture in newly established private schools.

And *finally*, the study contributes to understanding of teacher retention in private education, highlighting the role of "biên chế" (Permanent staff) as a factor shaping teacher mobility.

5.4 Practical Implications

The findings provide several practical implications for educational leaders:

1. **Strategic Recruitment:** Private schools should assess cultural fit in recruitment and develop strategies to attract experienced teachers.

2. **Career Progression Pathways:** Clear career progression pathways can support retention by providing teachers with a sense of professional growth.
3. **Mentoring Programs:** Mentoring programs can support the development of young teachers and facilitate knowledge transfer.
4. **Organizational Culture Development:** Deliberate attention to organizational culture is essential, particularly in newly established schools.
5. **Differentiated Professional Development:** Professional development should be differentiated based on teacher experience and competency levels.

5.5 Strategic Framework

Based on the findings, this study proposes a strategic framework for workforce management in private K-12 schools:

Component 1: Attraction and Recruitment

- Assess cultural fit in recruitment
- Develop competitive compensation packages
- Communicate institutional values and vision

Component 2: Development and Retention

- Provide differentiated professional development
- Create clear career progression pathways
- Implement mentoring and coaching programs

Component 3: Organizational Culture Building

- Articulate and model institutional values
- Embed cultural values in policies and practices
- Build collaborative and supportive work environment

Component 4: Succession Planning

- Identify and develop potential leaders
- Facilitate knowledge transfer
- Build a diverse and sustainable workforce

5.6 Limitations

Several limitations should be acknowledged. *Firstly*, the study involved only three participants, limiting generalizability. *Secondly*, the study relied on reflective reports that may be influenced by participants' selective memories and interpretations. And *lastly*, the study did not include perspectives from other stakeholders such as teachers, students, or parents.

5.7 Recommendations for Future Research

Future research should consider: larger studies across more diverse institutions, mixed-method studies combining reflective data with surveys and interviews, studies examining specific aspects of workforce management in depth, and research on the effectiveness of specific strategies and practices.

5.8 Conclusion

This study explored workforce management challenges in private K-12 schools in Vietnam through reflective professional practice. The findings identified four major themes: high workforce turnover and retention difficulties, challenges in developing a robust succession pipeline, struggles in building and maintaining organizational culture, and difficulty in aligning professional development with specific competencies.

The paper demonstrates that private K-12 schools face unique workforce management challenges related to market competition, organizational culture, and professional development. Understanding these challenges is essential for developing effective workforce management strategies.

The reserach contributes to the literature by providing a comparative analysis across different stages of institutional development. It offers practical guidance for educational leaders seeking to strengthen workforce management in their specific institutional contexts. The findings highlight the importance of strategic workforce management approaches that address both institutional and individual needs.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors sincerely thank the teaching staff of School of Education (SoE), Can Tho University (CTU), and School of Foreign Languages, CTU, Vietnam, for their instruction in the MA program in Educational Management at CTU, as well as for their valuable academic support, professional guidance, and encouragement throughout the development of this research. The authors also wish to acknowledge that the insights and observations presented in this paper were drawn from their professional experiences and reflective practices in various private K-12 schools across Vietnam. Special appreciation goes to the administrators, teachers, and colleagues who provided valuable participation and contributions to this study on workforce management challenges in private educational contexts, particularly regarding teacher retention, succession planning, and organizational culture. The authors would also like to express their sincere gratitude to Ms. Thai Phan Bao Han for her careful proofreading and valuable assistance in improving the English language quality of this manuscript. Finally, the authors gratefully acknowledge *The 13th International Marmara Congress on Scientific Research and Innovation Istanbul, Türkiye, on August 29–30, 2026*, for providing an academic platform for the presentation and dissemination of this research.

REFERENCES

Armstrong, M., & Taylor, S. (2023). *Armstrong's handbook of human resource management practice* (16th ed.). Kogan Page.

Boxall, P., & Purcell, J. (2022). *Strategy and human resource management* (5th ed.). Bloomsbury Academic.
Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology, 3*(2), 77–101.
Bush, T. (2020). *Theories of educational leadership and management* (5th ed.). SAGE Publications.
Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute.
Dessler, G. (2020). *Human resource management* (16th ed.). Pearson.
Guskey, T. R. (2002). Professional development and teacher change. *Teachers and Teaching: Theory and Practice, 8*(3), 381–391.
Herzberg, F. (1959). *The motivation to work*. John Wiley & Sons.
Kotter, J. P. (1996). *Leading change*. Harvard Business School Press.
Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE Publications.
Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review, 50*(4), 370–396.
OECD. (2019). *TALIS 2018 results: Teachers and school leaders as lifelong learners*. OECD Publishing.
Schein, E. H. (2010). *Organizational culture and leadership* (4th ed.). Jossey-Bass.
Schon, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
Senge, P. M. (2006). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization* (2nd ed.). Crown Business.
Tran Duy Thai. (2025). Phat trien nang luc so cho giao vien dap ung yeu cau doi moi giao duc. *Tap chi Giao duc, 25*(2), 15–21.
Tran Quoc Thanh, & Duong Hai Hung. (2015). *Quan ly nhan su trong giao duc*. Nha xuat ban Giao duc Viet Nam.
UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO Publishing.

WORKFORCE MANAGEMENT IN PUBLIC HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS: CHALLENGES OF AUTONOMY AND INTERNATIONAL ACCREDITATION

Nguyen Ngoc Chi Lan[1,2,3]
School of Education (SoE),
Can Tho University (CTU), Vietnam
lanM4825043@gstudent.ctu.edu.vn
Nguyen Gia Thinh[2]
SoE, CTU, Vitenam
thinhM4825051@gstudent.ctu.edu.vn
Nguyen Ngoc Anh Thu[3]
SoE, CTU, Vitenam
thuM4825053@gstudent.ctu.edu.vn
Dr. Thai Cong Dan[4]
School of Foreign Languages (SFL), CTU Vietnam
tcdan@ctu.edu.vn
ORCID No: 0009-0002-9566-8128

ABSTRACT

Workforce management in Vietnamese higher education institutions has become increasingly complex as the education system undergoes fundamental reform, digital transformation, and evolving stakeholder expectations. This qualitative study explores workforce management challenges and institutional development across diverse Vietnamese higher education contexts, specifically focusing on public universities undergoing autonomy and international accreditation standards. The study employs thematic analysis to identify five major themes: (1) workforce competency gaps and professional development needs, (2) digital transformation and technological adaptation challenges, (3) workload pressure, motivation, and employee retention, (4) institutional resource constraints and strategic adaptation, and (5) generational differences in workforce management. The findings reveal that while common challenges exist across institutions, their manifestations and severity vary significantly based on institutional type, governance structure, professional requirements, and specific academic disciplines. The study proposes a comprehensive strategic framework for workforce management that addresses both common and context-specific challenges, offering practical recommendations for educational leaders, policymakers, and practitioners across diverse Vietnamese higher education settings.

Keywords: workforce management; educational leadership; higher education; digital transformation; faculty development; Vietnam; reflective practice; institutional autonomy

I. INTRODUCTION

1.1 Background

Workforce management in Vietnamese higher education institutions has become a critical priority as the education system undergoes unprecedented transformation. The implementation of institutional autonomy policies, the 2018 Education Law, the 2019 Higher Education Law, and new accreditation standards (AUN-QA, WFME) have collectively created complex demands on faculty workforces across all disciplines.

Vietnam's higher education landscape is remarkably diverse. Institutions range from comprehensive universities to specialized medical and health science universities, each with unique workforce management challenges. A public medical university in the Mekong Delta faces different challenges than a general university in a major urban center. A Faculty of Traditional Medicine within a public university has different professional requirements and workforce characteristics than a Faculty of Basic Sciences.

The COVID-19 pandemic accelerated digital transformation, revealing both the potential and the challenges of technology-enhanced education. Educational institutions were forced to rapidly adapt to online and hybrid learning models, exposing significant gaps in digital competence, infrastructure, and organizational readiness. The rapid advancement of artificial intelligence (AI) has created new opportunities and challenges for educational workforces.

The shift toward institutional autonomy has created new opportunities for workforce management flexibility while also imposing new accountability requirements. Universities must balance expanding enrollment and program offerings with maintaining faculty quality and meeting accreditation standards. This creates significant challenges for workforce planning and development.

Previous research on educational workforce management in Vietnam has often focused on specific institutional types or has treated educational institutions as homogeneous. Limited attention has been given to comparative analysis across different higher education contexts that could reveal both common challenges and context-specific strategies.

This study addresses this gap by exploring workforce management challenges and institutional development across diverse Vietnamese higher education contexts through reflective professional practice.

1.2 Research Rationale

The rationale for this study is grounded in several observations about workforce management research and practice in Vietnamese higher education.

First, the diversity of Vietnamese higher education institutions means that workforce management challenges cannot be understood through a single lens. What works in a Faculty of Traditional Medicine may not work in a Faculty of Basic Sciences. Understanding these differences is essential for developing appropriate workforce management strategies.

Second, while educational reform and digital transformation affect all institutions, their impacts vary based on institutional resources, governance structures, and professional requirements. Examining these variations can reveal important insights about effective workforce management in different contexts.

Third, educational practitioners across different institutional contexts possess valuable experiential knowledge about workforce management challenges and strategies. Their reflective accounts can provide insights that complement and extend findings from large-scale quantitative studies.

Fourth, the rapid advancement of technology, particularly AI, has created new challenges for workforce development that require immediate attention.

And *finally*, the shift toward institutional autonomy has created new opportunities and challenges for workforce management that require systematic examination.

1.3 Research Questions

This study seeks to answer the following research questions:

1. What are the common and context-specific workforce management challenges across diverse Vietnamese higher education institutions?

2. How do institutional type, governance structure, and professional requirements influence workforce challenges and responses?

3. What strategies do educational practitioners employ to address workforce management challenges in their specific institutional contexts?

4. How do generational differences affect workforce management in educational institutions?

5. What lessons can be learned from comparative analysis across diverse institutional contexts?

1.4 Research Objectives

General Objective

The primary objective of this study is to explore workforce management challenges and institutional development across diverse Vietnamese higher education contexts and to identify both common patterns and context-specific approaches.

Specific Objectives

1. To identify workforce management challenges across different higher education institutional contexts (medical university, specialized faculties within universities).
2. To examine how institutional context influences the nature and severity of workforce challenges.
3. To analyze strategies employed to address workforce challenges in different contexts.
4. To explore the role of generational differences in workforce management.
5. To develop a comprehensive strategic framework for workforce management that addresses both common and context-specific challenges.

1.5 Significance of the Study

1.5.1 Theoretical Significance

This study contributes to workforce management theory by examining how institutional context shapes challenges and responses. It extends existing frameworks by recognizing the diversity of educational institutions and the need for context-sensitive approaches.

1.5.2 Practical Significance

The findings provide practical guidance for educational leaders across different institutional contexts. The comprehensive strategic framework offers a structured approach to addressing workforce challenges in diverse settings.

1.5.3 Policy Significance

The study provides evidence that can inform policy development regarding workforce management in different institutional contexts, recognizing that one-size-fits-all approaches may be ineffective.

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Workforce Management in Higher Education Contexts

Workforce management in higher education encompasses recruitment, selection, placement, professional development, performance management, motivation, and retention of academic and administrative personnel (Armstrong & Taylor, 2023; Dessler, 2020). Higher education institutions vary significantly in their characteristics, governance structures, and professional requirements, and these variations influence workforce management practices and challenges (Bush, 2020).

Public vs. Private Institutions

Public higher education institutions in Vietnam are characterized by state governance, standardized personnel policies, stable employment, and limited flexibility in compensation

and recruitment. The shift toward institutional autonomy has created new opportunities for flexibility while also imposing new accountability requirements (Nguyen Quoc Chi & Nguyen Thi My Loc, 2020).

Disciplinary Differences

Different academic disciplines have different workforce requirements. Health science disciplines require faculty who combine academic qualifications with clinical experience. Basic science disciplines require faculty with strong research capabilities and international publication records (Tran Quoc Thanh & Duong Hai Hung, 2015).

Accreditation Requirements

Accreditation requirements have become increasingly important in shaping workforce management practices. The AUN-QA and WFME accreditation standards impose specific requirements regarding faculty qualifications, student-faculty ratios, and research productivity (Vietnamese Ministry of Education and Training -MoET, 2024).

Critical Synthesis

While the diversity of higher education institutions is recognized in the literature, limited research has examined how this diversity influences workforce challenges and strategies in the Vietnamese context. This study addresses this gap through comparative reflective analysis.

2.2 Workforce Competency Gaps and Professional Development

Workforce competency gaps and professional development needs represent significant challenges in higher education institutions. The shift toward institutional autonomy and international accreditation has created new demands for faculty competencies, including research productivity, international publication, and English language proficiency (Darling-Hammond et al., 2017; Fullan, 2007).

Research Competence

Research competence has become an essential requirement for faculty in higher education. The Circular 01/2024/TT-BGDĐT requires that universities with doctoral programs achieve minimum publication rates of 0.6 papers per full-time faculty member per year, with at least 0.3 papers in Web of Science or Scopus databases. This creates significant pressure on faculty to develop research capabilities (MoET, 2024).

Pedagogical Competence

Pedagogical competence in higher education includes the ability to design and implement effective teaching and learning activities, use active learning methods, assess student learning,

and support student development. Faculty in specialized disciplines such as Traditional Medicine face particular challenges in developing pedagogical competence alongside clinical expertise (Guskey, 2002; Darling-Hammond et al., 2017).

Clinical and Professional Competence

Faculty in health science disciplines require clinical and professional competence alongside academic qualifications. Traditional Medicine faculty must combine knowledge of modern medicine with clinical experience in diagnosis and treatment. This creates particular challenges for workforce recruitment and development (Tran Quoc Thanh & Duong Hai Hung, 2015).

Critical Synthesis

Understanding workforce competency gaps and professional development needs across different institutional contexts is essential for developing effective capacity-building strategies. This study explores these dynamics.

2.3 Digital Transformation and Technological Adaptation

Digital transformation has created significant challenges and opportunities for higher education institutions. The integration of technology into teaching, learning, and management requires not only infrastructure investment but also workforce development and organizational change (Fullan, 2020; Senge, 2006).

Technology Infrastructure

Adequate technology infrastructure—including hardware, software, connectivity, and technical support—is essential for effective digital transformation. However, many institutions face infrastructure limitations that constrain their ability to implement digital transformation initiatives (OECD, 2019; UNESCO, 2021).

Digital Competence Development

Digital competence development requires differentiated training approaches, practical application opportunities, and ongoing support. Faculty in different disciplines have different digital competence needs. Health science faculty need competence in using digital tools for clinical education and simulation. Research-focused faculty need competence in using digital tools for data analysis and publication (Redecker, 2017; Tran Duy Thai, 2025).

AI Integration

The rapid advancement of artificial intelligence has created new opportunities and challenges for higher education workforces. Faculty need to develop competence in using AI tools for lesson design, assessment, and personalized learning. However, concerns about academic

integrity, data privacy, and appropriate use of AI tools require careful attention (Le Anh Vinh, 2022).

Critical Synthesis

Understanding digital transformation challenges and technological adaptation across different institutional contexts is essential for developing effective strategies. This study explores these dynamics.

2.4 Workload Pressure, Motivation, and Employee Retention

Employee motivation and retention are critical factors in workforce effectiveness and sustainability. Research suggests that motivation is influenced by compensation and benefits, recognition and appreciation, career development opportunities, work environment, and manageable workloads (Herzberg, 1959; Maslow, 1943).

Workload Pressure

Workload pressure has increased significantly in higher education institutions due to enrollment expansion, research requirements, administrative demands, and accountability pressures. Faculty in health science disciplines face particular pressure due to clinical responsibilities alongside teaching and research (Nguyen Quoc Chi & Nguyen Thi My Loc, 2020).

Motivation and Retention

Motivation and retention challenges are influenced by compensation, recognition, career development, and work environment. In the context of institutional autonomy, universities face particular challenges in retaining faculty with high qualifications who are attracted to private sector opportunities (Government Electronic Newspaper, 2022).

Critical Synthesis

Understanding workload pressure, motivation, and retention challenges across different institutional contexts is essential for developing effective support strategies. This study explores these dynamics.

2.5 Generational Differences in Workforce Management

Generational differences have become increasingly important in workforce management. Research suggests that different generations have different values, expectations, and work styles that influence their engagement and retention (Prensky, 2001; Schein, 2010).

Young Faculty (Under 40)

Young faculty typically have greater digital competence, openness to innovation, and desire for career advancement. However, they may lack teaching and research experience. They may

also face challenges in balancing work and personal life while pursuing career advancement (Tran Duy Thai, 2025).

Experienced Faculty (Over 50)

Experienced faculty typically have greater pedagogical experience, professional knowledge, and clinical competence. However, they may struggle with digital competence and openness to innovation. They may also face challenges in adapting to new approaches and technologies (OECD, 2019).

Bridging Generational Divides

Bridging generational divides requires strategies that recognize and leverage the strengths of different generations while addressing their weaknesses. Peer mentoring, collaborative learning, and differentiated professional development can help bridge divides (Tran Quoc Thanh & Duong Hai Hung, 2015).

Critical Synthesis

Understanding generational differences in workforce management is essential for developing effective strategies. This study explores these dynamics.

2.6 Theoretical Framework

This study is guided by four theoretical perspectives:

Institutional Theory explains how organizations are shaped by their institutional environments, including governance structures, professional norms, and resource constraints (Scott, 2014).

Strategic Human Resource Management emphasizes the alignment between workforce practices and institutional objectives (Boxall & Purcell, 2022).

Change Management Theory emphasizes the importance of vision, communication, stakeholder engagement, and sustained support in organizational change (Kotter, 1996).

Schön's Reflective Practice Theory explains how professionals learn through reflection on experience (Schön, 1983).

2.7 Conceptual Framework

Based on the literature review, this study proposes that workforce management challenges and responses vary across institutional contexts based on:

1. Institutional type: Public vs. private, level of education, specialized vs. general
2. Governance structure: State control vs. institutional autonomy, personnel policies
3. Generational composition: Age distribution, experience levels

4. Resource availability: Financial resources, infrastructure, professional development opportunities
5. Professional requirements: Specialized competencies, regulatory requirements, accreditation standards
6. Organizational culture: Values, norms, traditions
7. External environment: Geographic location, socioeconomic conditions, labor market conditions

These factors interact to shape workforce challenges and responses.

3. RESEARCH METHODOLOGY

3.1 Research Design

This study adopted a qualitative research design based on reflective professional practice and thematic analysis. The approach was chosen because the study aims to understand participants' experiences, perceptions, and interpretations of workforce management challenges across diverse institutional contexts.

The qualitative approach allows for rich, contextual understanding of workforce management dynamics in specific institutional settings. It acknowledges that workforce management challenges and strategies are complex, context-dependent, and shaped by multiple interacting factors.

3.2 Research Context

The study was conducted in the context of three diverse Vietnamese higher education institutional settings:

Institution/Unit	Type	Location	Level	Specialization
University A	Public University	Mekong Delta Region	University	Health Sciences
Faculty A (Traditional Medicine)	Faculty within Public University	Mekong Delta Region	University	Traditional Medicine
University B	Public University	Mekong Delta Region	University	Multiple Disciplines

These institutions were selected because they represent important higher education contexts in Vietnam with distinct workforce management characteristics. The public medical university and its specialized faculty offer insights into workforce management in health science education. The general university offers insights into workforce management across multiple disciplines.

3.3 Participants

Participants comprised three postgraduate students in Educational Management at a Vietnamese university. All participants were experienced higher education practitioners with direct involvement in workforce management in their respective institutions.

Participant	Institution/Unit	Professional Role	Key Responsibilities
A001	University A	Administrator	Faculty development, personnel management, policy implementation
A002	Faculty A	Administrator	Faculty development, curriculum management, clinical training coordination
A003	University B	Administrator	Faculty development, research management, accreditation compliance

Participant Selection Criteria

Participants were selected based on the following criteria:

- Currently employed in a higher education institution
- Direct involvement in workforce management
- Experience in their role (minimum 3 years)
- Enrollment in a postgraduate educational management program
- Willingness to participate in the study

3.4 Data Collection

Data were collected from three reflective professional reports written by participants as part of their Master's program requirements. The reports focused on workforce management challenges and solutions in their respective institutions.

Report Content

The reflective reports were structured around the following areas:

- Context and background of the institution/unit
- Current workforce management challenges
- Analysis of challenges in relation to relevant literature and theory
- Proposed solutions and strategies

- Reflection on implementation opportunities and challenges

Data Source Characteristics

The reflective reports offered several advantages as a data source:

- They provided rich, detailed accounts of workforce management dynamics
- They were grounded in participants' professional experience
- They were informed by relevant theory and literature
- They included both analysis and reflection
- They offered insights into both challenges and solutions

3.5 Data Analysis

Data were analyzed using Braun and Clarke's (2006) six-phase thematic analysis framework:

Phase 1: Familiarization with the Data

The three reflective reports were read multiple times to gain comprehensive understanding. Initial notes and observations were recorded.

Phase 2: Generating Initial Codes

Initial codes were generated based on segments of text relevant to workforce management challenges and strategies. This process was inductive and iterative.

Phase 3: Searching for Themes

Codes were organized into potential themes based on patterns and connections across the data.

Phase 4: Reviewing Themes

Themes were reviewed against coded data extracts and the full reports to ensure they were grounded in the data.

Phase 5: Defining and Naming Themes

Themes were refined and clearly defined, with clear descriptions of each theme's scope and content.

Phase 6: Producing the Report

The final report was produced, with themes presented in relation to the research questions.

3.6 Trustworthiness

Trustworthiness was ensured through several strategies:

Credibility

- Triangulation of perspectives across three participants from different institutional contexts
- Member checking with participants to verify interpretations
- Rich, thick description of contexts and findings

Dependability

- Clear documentation of the research process
- Audit trail of coding and analysis decisions

Confirmability

- Grounding findings in participant data
- Acknowledging researcher assumptions and biases

Transferability

- Rich description of contexts to enable readers to assess applicability
- Detailed information about participants and settings

3.7 Ethical Considerations

Ethical principles were followed throughout the research:

- Participants were informed that their reports might be used for academic research
- Personal identifying information was removed from all reports
- Participants were assured that their participation would not affect their academic standing
- Institutional names were anonymized in the reporting of findings
- Informed consent was obtained for participation

3.8 MA Requirement Alignment

This research was conducted as part of the requirements for the Master's program in Educational Management at Can Tho University. The study fulfills the MA requirement for conducting applied research that addresses real-world problems in educational management, particularly in the context of public higher education institutions undergoing autonomy and international accreditation. Through this research, the participants have demonstrated competencies in analyzing workforce management challenges across diverse higher education contexts, applying theoretical frameworks to practical problems, designing qualitative research with multiple institutional cases, critically reflecting on professional practice, and contributing to knowledge in the field of educational management. The study addresses program learning outcomes related to human resource management, strategic planning, institutional autonomy, quality assurance and accreditation, and research competence. By completing this research, the MA students have integrated theory and practice to propose practical solutions for managing academic workforces in public higher education institutions, recognizing that these institutions face unique challenges related to competency gaps, workload pressure, digital transformation, resource constraints, and generational differences.

4. FINDINGS

4.1 Overview of Findings

Thematic analysis of the three reflective reports identified five major themes related to workforce management challenges across diverse higher education contexts:

1. **Workforce Competency Gaps and Professional Development Needs**
   - Faculty qualification and accreditation requirements
   - Research competence and international publication
   - Clinical competence and pedagogical skills
   - English language proficiency
2. **Workload Pressure, Motivation, and Employee Retention**
   - Multiple role demands and workload pressure
   - Motivation and engagement challenges
   - Retention and succession concerns
3. **Digital Transformation and Technological Adaptation**
   - Infrastructure and resource limitations
   - Digital competence development
   - AI integration challenges
4. **Institutional Resource Constraints and Strategic Adaptation**
   - Financial and infrastructure constraints
   - Strategic workforce planning
   - Institutional autonomy and policy adaptation
5. **Generational Differences in Workforce Management**
   - Young faculty challenges
   - Experienced faculty challenges
   - Bridging generational divides

4.2 Theme 1: Workforce Competency Gaps and Professional Development Needs

The first major theme concerned workforce competency gaps and professional development needs across institutional contexts.

4.2.1 Faculty Qualification and Accreditation Requirements

Participants described challenges in meeting faculty qualification requirements for accreditation.

A participant from University A (A001) reflected:

> *"In recent years, enrollment quotas and the number of training programs have continuously expanded, creating significant pressure on the faculty-to-student ratio and the structure of faculty qualifications. Currently, among 526 full-time faculties, those holding Professor, Associate Professor, and Doctorate degrees' number 190, accounting for about 36%. The majority (256) hold Master's degrees or equivalent. For a health science university aiming for regional and international accreditation standards (AUN-QA, WFME), this structure presents a double challenge: we must ensure enough faculty to teach our growing student population while also dedicating time and resources to 141 faculty pursuing doctoral studies and 43 staff pursuing master's degrees."*

A participant from University B (A003) observed:

> *"Expanding enrollment while simultaneously maintaining faculty quality is a significant challenge. If we hire many faculty with master's degrees to meet immediate teaching needs, the proportion of faculty with doctoral degrees may decrease, affecting our ability to meet accreditation standards."*

Strengths and Opportunities:

Participants noted that their institutions had made significant progress in faculty development. University A had invested substantially in doctoral training, with 141 faculty pursuing doctoral studies. This investment reflects a commitment to long-term workforce quality improvement.

4.2.2 Research Competence and International Publication

Participants identified challenges in developing research competence and achieving international publication requirements.

A participant from University B (A003) reflected:

> *"According to The Circular 01/2024/TT-BGDĐT, for higher education institutions with doctoral programs, the average number of scientific publications per full-time faculty member must reach at least 0.6 papers per year, with at least 0.3 papers in Web of Science or Scopus databases. Although University B had 2,140 scientific papers in 2024, including 441 in Web of Science and 754 in Scopus, maintaining and improving these indicators remains a challenge. The main difficulty stems from the disparity in research capacity among faculty, while international publication requires specialized knowledge, English proficiency, research experience, and institutional support."*

A participant from University A (A001) observed:

"International publication requires more than just technical competence. Faculty need English proficiency, familiarity with international research standards, and access to research resources. Creating a sustainable research culture requires systematic support rather than just setting publication targets."

Strengths and Opportunities:

Participants noted that their institutions had achieved significant research productivity. University B had over 2,000 publications in 2024, with a substantial proportion in Web of Science and Scopus. This provides a foundation for further research development.

4.2.3 Clinical Competence and Pedagogical Skills

Participants in health science disciplines identified challenges in developing faculty competence in both clinical and pedagogical domains.

A participant from Faculty A (A002) reflected:

"The characteristic of Traditional Medicine is that leading faculty often need many years of clinical experience. This means that human resources who are both well-qualified academically and clinically skilled are very scarce. It takes time to develop faculty who can effectively bridge traditional knowledge with modern medical practice."

Strengths and Opportunities:

Participants noted that their institutions had invested in clinical training and integration. Faculty A had developed strong clinical partnerships that supported faculty development.

4.2.4 English Language Proficiency

Participants identified English proficiency as a barrier to international engagement.

A participant from University B (A003) observed:

"International publication requires English proficiency. While we have strong researchers, some struggle with English academic writing. We need to support faculty development in this area."

Strengths and Opportunities:

Participants noted that their institutions had invested in English language training and had collaborated with international partners to improve English proficiency.

4.3 Theme 2: Workload Pressure, Motivation, and Employee Retention

The second major theme concerned workload pressure, motivation, and employee retention across institutional contexts.

4.3.1 Multiple Role Demands and Workload Pressure

Participants described the significant workload pressure arising from multiple role demands.

A participant from University A (A001) reflected:

> *"With 683 staff members having to simultaneously manage teaching, clinical care, research, and community engagement activities, the majority of staff—particularly clinical faculty—must hold multiple positions: teaching, supervising clinical practice at the hospital, clinical duty, managing departments/faculties/offices, and engaging in Party and mass organization activities. This is characteristic of health science human resources, where workload pressure, intensity, and working hours continuously increase. Prolonged multiple role demands lead to three management consequences: (1) difficulty in determining standard workload for each position; (2) difficulty in monitoring and controlling actual working time when staff simultaneously work at the university and clinical practice sites; (3) performance evaluation and recognition based on insufficient quantitative evidence, potentially becoming merely formalistic."*

A participant from Faculty A (A002) observed:

> *"The distribution of workload between clinical and teaching responsibilities is challenging. Faculty need time for both patient care and teaching preparation. When workload is not balanced, both areas may suffer."*

Strengths and Opportunities:

Participants noted that their institutions had begun to address workload distribution issues through improved planning and coordination.

4.3.2 Motivation and Engagement Challenges

Participants identified motivation challenges related to compensation and recognition.

A participant from Faculty A (A002) reflected:

> *"The public sector salary system provides limited flexibility for special compensation for unique positions. This makes it difficult for the faculty to compete with private hospitals and healthcare facilities in retaining skilled personnel."*

A participant from University A (A001) observed:

> *"In the past year, nearly 9,400 doctors and healthcare workers at public healthcare facilities resigned or transferred, primarily due to high workload pressure and inadequate compensation. The private hospital and clinic system has grown strongly, offering higher incomes to attract highly qualified personnel. For our university, this risk is particularly significant for young faculty who have just completed postgraduate*

training—they represent the largest investment in training but are also the most mobile, having new qualifications, practice licenses, and limited management responsibilities."

Strengths and Opportunities:

Participants noted that their institutions had implemented various recognition programs and had begun to explore more flexible compensation mechanisms.

4.3.3 Retention and Succession Concerns

Participants expressed concerns about retention and succession planning.

A participant from University B (A003) reflected:

"Young faculty who have just completed doctoral training are valuable human resources but are also vulnerable to poaching by other institutions or private sector opportunities. If we cannot retain them, we lose our investment and may face gaps in our succession planning."

Strengths and Opportunities:

Participants noted that their institutions had begun to implement more strategic succession planning and had developed programs to support faculty retention.

4.4 Theme 3: Digital Transformation and Technological Adaptation

The third major theme concerned digital transformation and technological adaptation challenges across institutional contexts.

4.4.1 Infrastructure and Resource Limitations

Participants described infrastructure limitations constraining digital transformation efforts.

A participant from Faculty A (A002) reflected:

"Funding for research, practical equipment, medicinal materials, and specialized learning materials remains insufficient compared to needs. This limits faculty capacity to conduct in-depth research on the effectiveness of traditional medicine. In the context of autonomy, heavy dependence on state budgets while self-generated revenues have not diversified directly reduces investment capacity for human resource development."

A participant from University A (A001) observed:

"Infrastructure development requires significant investment. While we have made progress, ongoing maintenance and upgrading are essential to support teaching, learning, and research."

Strengths and Opportunities

Participants noted that their institutions had made significant infrastructure investments and had begun to develop partnerships with industry and healthcare organizations to support infrastructure development.

4.4.2 Digital Competence Development

Participants identified challenges in developing faculty digital competence.

A participant from University B (A003) reflected:

> *"The capability to exploit and analyze data among some administrators and faculty responsible for information technology also needs further development to meet digital transformation requirements. We need systematic training and support."*

Strengths and Opportunities:

Participants noted that their institutions had implemented digital competence development programs and had begun to integrate digital skills requirements into faculty development plans.

4.4.3 AI Integration Challenges

Participants identified challenges and opportunities in AI integration.

A participant from University B (A003) observed:

> *"AI offers significant opportunities for teaching and learning enhancement. However, faculty need training in appropriate and ethical use of AI tools. This requires careful planning and support."*

Strengths and Opportunities

Participants noted that their institutions were exploring AI applications and had begun to develop policies and support mechanisms for AI integration.

4.5 Theme 4: Institutional Resource Constraints and Strategic Adaptation

The fourth major theme concerned institutional resource constraints and strategic adaptation approaches.

4.5.1 Financial Constraints

Participants described financial constraints affecting workforce development.

A participant from Faculty A (A002) reflected:

> *"In the context of institutional autonomy, heavy dependence on state budgets while self-generated revenues have not diversified directly reduces investment capacity for human resource development."*

A participant from University A (A001) observed:

"As an autonomous university, we must balance revenue to cover salaries and additional income while the overall compensation level of the public sector remains lower than the private sector."

Strengths and Opportunities:

Participants noted that their institutions had begun to diversify revenue sources and had developed partnerships to supplement state funding.

4.5.2 Strategic Workforce Planning

Participants identified the need for more strategic workforce planning.

A participant from University B (A003) reflected:

"We need to build a long-term workforce development strategy linked to planning, recruitment, training, and utilization. Integrated management of these aspects helps the university proactively balance workforce structure, meet accreditation requirements, and support long-term development."

Strengths and Opportunities:

Participants noted that their institutions had begun to develop more strategic workforce plans and had implemented systematic workforce planning processes.

4.5.3 Policy Adaptation and Autonomy

Participants described challenges in adapting to institutional autonomy and policy changes.

A participant from University A (A001) reflected:

"From July 1, 2026, the implementation of the 2025 Higher Education Law and the 2025 Civil Servant Law requires universities to reorganize workforce structures, job positions, and compensation systems. For our university, where 43 teaching assistants are pursuing master's degrees, three immediate challenges arise: (1) redefining job positions and professional titles during a period of incomplete implementation guidelines; (2) accelerating master's degree completion while ensuring staffing continuity; and (3) maintaining motivation and retention among young staff amid uncertainty over future career positions.

Strengths and Opportunities:

Participants noted that their institutions had begun to adapt to autonomy and policy changes through enhanced planning and communication.

4.6 Theme 5: Generational Differences in Workforce Management

The fifth major theme concerned generational differences and their implications for workforce management.

4.6.1 Young Faculty Challenges

Participants described challenges facing young faculty.

A participant from University B (A003) reflected:

> *"Young faculty need support in developing research competence and international publication skills. They also need mentoring in teaching and professional development. Creating a supportive environment is essential for their success."*

Strengths and Opportunities:

Participants noted that their institutions had implemented mentoring and induction programs for young faculty.

4.6.2 Experienced Faculty Challenges

Participants described challenges facing experienced faculty.

A participant from Faculty A (A002) reflected:

> *"Experienced faculty have deep clinical expertise but may need support in adapting to new teaching methods and technologies. Recognizing their contributions while supporting their development is important."*

Strengths and Opportunities:

Participants noted that their institutions had implemented professional development programs for experienced faculty.

4.6.3 Bridging Generational Divides

Participants described strategies for bridging generational divides.

A participant from University B (A003) observed:

> *"Learning from both generations is important. Experienced faculty can share pedagogical wisdom. Young faculty can share technological expertise. Creating opportunities for mutual learning benefits the entire institution."*

Strengths and Opportunities:

Participants noted that their institutions had begun to implement cross-generational learning initiatives.

4.7 Cross-Case Integration

Across the three cases, several patterns emerged:

1. **Common Challenges:** Workforce competency gaps, workload pressure, motivation challenges, and retention concerns were reported across all contexts.
2. **Contextual Variations:** The nature and severity of challenges varied based on institutional type, governance structure, and professional requirements.

3. **Disciplinary Differences:** Health science disciplines faced particular challenges in balancing clinical and academic demands. Traditional Medicine faced unique challenges in recruiting and developing faculty with the right combination of qualifications and clinical experience.
4. **Autonomy Implications:** Institutional autonomy created new opportunities for flexibility while also imposing new accountability and compliance requirements.
5. **Accreditation Pressures:** International accreditation standards (AUN-QA, WFME) created significant pressure for faculty development and quality assurance.

4.8 Summary of Findings

The findings identified five major themes related to workforce management challenges across diverse higher education contexts:

1. **Workforce Competency Gaps and Professional Development Needs:** Faculty qualification and accreditation requirements, research competence and international publication, clinical competence and pedagogical skills, English language proficiency.
2. **Workload Pressure, Motivation, and Employee Retention:** Multiple role demands and workload pressure, motivation and engagement challenges, retention and succession concerns.
3. **Digital Transformation and Technological Adaptation:** Infrastructure and resource limitations, digital competence development, AI integration challenges.
4. **Institutional Resource Constraints and Strategic Adaptation:** Financial constraints, strategic workforce planning, policy adaptation and institutional autonomy.
5. **Generational Differences in Workforce Management:** Young faculty challenges, experienced faculty challenges, bridging generational divides.

4.9 Future Directions for MA Graduates in Addressing Higher Education Workforce Challenges

The findings of this study have significant implications for graduates of the Master's program in Educational Management. As future educational leaders, MA graduates are uniquely positioned to address workforce management challenges in public higher education institutions identified in this research. The participants emphasized that their MA studies have equipped them with theoretical knowledge and practical skills to develop strategic approaches for managing academic workforces in higher education contexts while addressing competency gaps, workload pressure, digital transformation, resource constraints, and generational differences. These strategies include differentiated faculty development programs,

comprehensive workforce planning, enhanced compensation and recognition systems, support for young and experienced faculty, digital transformation initiatives, and strategic adaptation to institutional autonomy and accreditation requirements. The participants identified several areas for future research, including comparative studies across different higher education institutional types, examination of specific strategies for faculty development and retention, research on the impact of institutional autonomy on workforce management, studies on digital transformation and AI integration in higher education, and generational difference research in academic contexts.

With an MA degree, MA graduates will visualize contributing to policy advocacy for improved support for autonomous universities, capacity building through training and mentoring, research and innovation in higher education workforce management, and leadership development that models effective change management in academic settings. The participants reflected that the MA program has transformed their understanding of educational management, giving them confidence to lead effectively in higher education environments while addressing the complex challenges of autonomy, accreditation, and workforce development. They concluded that effective workforce management in public higher education institutions requires strategic, comprehensive approaches that address both institutional objectives and individual faculty needs, creating environments where faculty feel supported, valued, and motivated to contribute to institutional excellence and international recognition.

5. DISCUSSION, IMPLICATIONS, LIMITATIONS, AND CONCLUSION

5.1 Introduction

This section discusses the findings in relation to previous research and theoretical perspectives. The study explored workforce management challenges across diverse Vietnamese higher education contexts through reflective professional practice.

5.2 Discussion of Major Findings

5.2.1 Workforce Competency Gaps and Professional Development Needs

The first finding highlights that workforce competency gaps and professional development needs vary significantly across higher education contexts. Faculty qualification requirements are particularly acute in health science disciplines and specialized fields. Research competence and international publication requirements impose significant pressure on faculty, particularly in general universities. Clinical and pedagogical competence requirements are particularly challenging in health science disciplines. English language proficiency requirements affect international engagement and research productivity.

This result supports research emphasizing the importance of differentiated professional development (Darling-Hammond et al., 2017; Guskey, 2002) and extends it by demonstrating how competency gaps manifest across different higher education contexts in Vietnam.

The outcome also highlights the need for professional development that is practical, sustained, differentiated, and integrated into work routines. Trần Ngọc Giao and colleagues (2017) emphasized that professional development should be connected to job requirements and institutional objectives.

The finding contributes to understanding how accreditation requirements shape faculty development needs and priorities. International accreditation standards create particular pressures for faculty qualification and research productivity.

5.2.2 Workload Pressure, Motivation, and Retention

The second finding demonstrates that workload pressure, motivation, and retention challenges vary across institutional contexts. Multiple role demands and workload pressure are particularly acute in health science disciplines where faculty balance teaching, clinical care, and research. Motivation challenges are influenced by compensation, recognition, career development, and work environment. Retention concerns are particularly significant for young faculty who have just completed postgraduate training and are attractive to private sector employers.

This result aligns with research on motivation and well-being in education (Herzberg, 1959; Maslow, 1943; OECD, 2019) and extends it by demonstrating how context shapes these challenges.

The finding highlights the need for comprehensive approaches to motivation and retention that address both material and non-material factors. Dessler (2020) emphasized that performance management, career management, and retention are interconnected, requiring integrated approaches.

The outcome also contributes to understanding how institutional autonomy creates new challenges and opportunities for workforce management. Autonomy allows flexibility but also imposes accountability for financial sustainability and workforce quality.

5.2.3 Digital Transformation and Technological Adaptation

The third finding demonstrates that digital transformation faces significant challenges across institutional contexts. Infrastructure and resource limitations constrain digital transformation efforts. Digital competence development requires systematic and differentiated support. AI integration offers significant opportunities but requires careful planning and support.

This finding aligns with research on digital transformation in education (Fullan, 2020; OECD, 2019) and extends it by demonstrating how these challenges manifest across different institutional contexts in Vietnam.

The result highlights the need for comprehensive approaches to digital transformation that address infrastructure, competence development, and organizational change. Trần Duy Thái (2025) emphasized the need for differentiated digital competence development, and this study reinforces that finding.

5.2.4 Institutional Resource Constraints and Strategic Adaptation

The fourth finding demonstrates that resource constraints and strategic adaptation approaches vary across institutional contexts. Financial constraints are particularly significant for public institutions dependent on state funding. Strategic workforce planning is essential for aligning workforce development with institutional objectives. Policy adaptation and institutional autonomy create new requirements for workforce management.

This outcome supports institutional theory (Scott, 2014) and extends it by demonstrating how institutional context shapes resource constraints and adaptation strategies.

The finding highlights the need for context-sensitive strategic adaptation approaches that recognize the unique challenges and opportunities of different institutional contexts.

5.2.5 Generational Differences in Workforce Management

The fifth finding demonstrates that generational differences create significant challenges for workforce management. Young faculty face challenges in developing experience and competence. Experienced faculty face challenges in digital adaptation and innovation. Bridging generational divides requires strategies that leverage the strengths of both groups.

This outcome aligns with research on generational differences in education (Prensky, 2001; Schein, 2010) and extends it by demonstrating how generational differences manifest in Vietnamese higher education contexts.

The finding highlights the need for strategies that bridge generational divides through mentoring, collaborative learning, and differentiated professional development.

5.3 Theoretical Implications

This study contributes several theoretical implications.

Firstly, it extends institutional theory by demonstrating how institutional context shapes workforce management challenges and strategies in higher education settings. The findings show that governance structure, resource availability, professional requirements, and generational composition influence workforce experiences.

S*econdly*, the study extends strategic human resource management theory by demonstrating the importance of context-sensitive workforce strategies. The findings show that effective workforce management requires adaptation to institutional context rather than one-size-fits-all approaches.

Thirdly, the study contributes to change management theory by demonstrating how higher education institutions navigate digital transformation, institutional autonomy, and generational differences. The findings show that successful adaptation requires attention to both technical and human dimensions of change.

Fourthly, the study validates reflective practice as a valuable research approach for understanding workforce challenges across diverse institutional contexts. Practitioners' reflective accounts provide insights that complement and extend findings from large-scale quantitative studies.

And *lastly*, the study contributes to understanding of workforce management in health science education, particularly in specialized disciplines such as Traditional Medicine. The findings reveal unique challenges in balancing clinical and academic demands.

5.4 Practical Implications

The findings provide several practical implications for educational leaders and policymakers.

5.4.1 Differentiated Faculty Development

Faculty development should be differentiated based on:

- Competency levels (basic, intermediate, advanced)
- Generational needs (young faculty, experienced faculty)
- Disciplinary context (health sciences, basic sciences)
- Professional requirements (research, clinical, pedagogical)

5.4.2 Comprehensive Workforce Planning

Institutions should develop comprehensive workforce planning through:

- Strategic workforce forecasting
- Systematic succession planning
- Data-informed workforce decision-making
- Alignment with accreditation requirements
- Proactive adaptation to policy changes

5.4.3 Enhanced Compensation and Recognition

Institutions should enhance compensation and recognition through:

- Performance-based compensation

- Recognition of diverse contributions
- Career development pathways
- Support for work-life balance

5.4.4 Support for Young Faculty

Young faculty need:

- Mentoring and induction programs
- Research development support
- Teaching skills development
- Career development guidance
- Workload management support

5.4.5 Support for Experienced Faculty

Experienced faculty need:

- Digital competence development
- Recognition and appreciation
- Opportunities for professional growth
- Support in adapting to new approaches
- Succession and legacy opportunities

5.4.6 Comprehensive Digital Transformation

Digital transformation requires:

- Infrastructure investment
- Differentiated digital competence development
- Ongoing technical support
- Organizational culture change
- Recognition of generational differences

5.4.7 Policy Recommendations

Policymakers should consider:

- More flexible recruitment and compensation mechanisms for autonomous universities
- Differentiated support for different institutional contexts
- Investment in professional development and digital infrastructure
- Recognition of disciplinary differences in workforce management
- Support for work-life balance and mental health
- Phased implementation of new policy requirements

5.5 Strategic Framework

Based on the findings, this study proposes a comprehensive strategic framework for workforce management in Vietnamese higher education. The framework has four components:

Component 1: Workforce Planning

- Strategic forecasting of workforce needs
- Alignment with institutional strategic objectives
- Proactive adaptation to policy changes
- Data-informed decision-making

Component 2: Workforce Development

- Differentiated professional development
- Generational and disciplinary sensitivity
- Integration with accreditation requirements
- Continuous learning and improvement

Component 3: Workforce Engagement

- Comprehensive recognition and appreciation
- Career development pathways
- Support for work-life balance
- Positive organizational culture

Component 4: Workforce Sustainability

- Succession planning and knowledge transfer
- Retention strategies for key personnel
- Proactive adaptation to changes
- Long-term workforce quality improvement

5.6 Limitations

Several limitations should be acknowledged.

First, the study involved only three participants, limiting generalizability. The findings reflect their experiences and perspectives, which may not be representative of all higher education institutions.

Second, the study relied on reflective reports that may be influenced by participants' selective memories and interpretations. The reports were written as academic assignments, which may have influenced content and emphasis.

Third, the study did not include perspectives from other stakeholders such as students, clinical partners, or policymakers. Including these perspectives could provide a more comprehensive understanding of workforce dynamics.

Fourth, the institutional diversity, while valuable, may mask context-specific factors that are important in particular settings.

And *finally*, the study focused on public institutions in the Mekong Delta region. Findings may not be fully transferable to private institutions or institutions in other regions of Vietnam.

5.7 Recommendations for Future Research

Future research should consider:

1. **Larger studies** across more diverse institutions and regions of Vietnam to enhance generalizability.
2. **Mixed-method studies** combining reflective data with surveys, interviews, and institutional data for more comprehensive understanding.
3. **Longitudinal studies** tracking workforce management processes and outcomes over time.
4. **Studies examining specific aspects** of workforce management in depth, such as compensation, motivation, retention, and professional development.
5. **Research on the effectiveness** of specific strategies and practices for different institutional contexts.
6. **Studies on generational differences** in workforce management, including young faculty, experienced faculty, and succession planning.
7. **Comparative studies** across public and private institutions, across different disciplines, and across different regions.
8. **Research on digital transformation** and AI integration in workforce development.
9. **Policy impact studies** examining the effects of autonomy, accreditation, and new regulations on workforce management.
10. **Stakeholder studies** including perspectives from students, clinical partners, and policymakers.

5.8 Conclusion

This study explored workforce management challenges across diverse Vietnamese higher education contexts through reflective professional practice. The findings identified five major themes: workforce competency gaps and professional development needs, workload pressure and retention challenges, digital transformation and technological adaptation challenges,

institutional resource constraints and strategic adaptation, and generational differences in workforce management.

The research demonstrates that workforce management challenges and responses vary significantly across institutional contexts. Public universities, specialized faculties, and institutions at different stages of autonomy face different challenges and require different strategies. Understanding these differences is essential for effective workforce management.

The work contributes to the literature by providing a comparative analysis across diverse institutional contexts. It offers practical guidance for educational leaders and policymakers seeking to strengthen workforce management in their specific institutional contexts. The findings highlight the importance of context-sensitive, differentiated approaches to educational workforce management.

The study also demonstrates the value of reflective practice as a research approach for understanding complex organizational challenges. Practitioners' reflective accounts provide insights that complement and extend findings from large-scale quantitative studies.

As Vietnamese higher education continues to evolve, effective workforce management will remain a critical priority. Understanding the diverse challenges and strategies across institutional contexts is essential for developing appropriate policies and practices. This study provides a foundation for further research and practice in this important area.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors sincerely thank the teaching staff of School of Education (SoE), Can Tho University (CTU), and School of Foreign Languages, CTU, Vietnam, for their instruction in the MA program in Educational Management at CTU, as well as for their valuable academic support, professional guidance, and encouragement throughout the development of this research. The authors also wish to acknowledge that the insights and observations presented in this paper were drawn from their professional experiences and reflective practices in various public higher education institutions across Vietnam. Special appreciation goes to the administrators, faculty members, and colleagues who provided valuable participation and contributions to this study on workforce management challenges in the context of institutional autonomy, international accreditation, and digital transformation in higher education. The authors would also like to express their sincere gratitude to Ms. Thai Phan Bao Han for her careful proofreading and valuable assistance in improving the English language quality of this manuscript. Finally, the authors gratefully acknowledge *The 13th International Marmara*

Congress on Scientific Research and Innovation Istanbul, Türkiye, on August 29–30, 2026, for providing an academic platform for the presentation and dissemination of this research.

REFERENCES

Armstrong, M., & Taylor, S. (2023). *Armstrong's handbook of human resource management practice* (16th ed.). Kogan Page.
Bao Dien tu Chinh phu. (2022). Ly do hon 9,300 nhan vien y te thoi viec, nghi viec. [Why over 9,300 healthcare workers resigned]. Retrieved from https://baochinhphu.vn
Bo Giao duc va Dao tao. (2018). *Thong tu so 20/2018/TT-BGDDT ngay 22 thang 8 nam 2018 ban hanh Quy dinh chuan nghe nghiep giao vien co so giao duc pho thong*. Ha Noi.
Bo Giao duc va Dao tao. (2024). *Thong tu so 01/2024/TT-BGDDT ngay 05 thang 02 nam 2024 ban hanh Chuan co so giao duc dai hoc*. Ha Noi.
Boxall, P., & Purcell, J. (2022). *Strategy and human resource management* (5th ed.). Bloomsbury Academic.
Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology, 3*(2), 77–101.
Bush, T. (2020). *Theories of educational leadership and management* (5th ed.). SAGE Publications.
Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute.
Dessler, G. (2020). *Human resource management* (16th ed.). Pearson.
Fullan, M. (2007). *The new meaning of educational change* (4th ed.). Teachers College Press.
Fullan, M. (2020). *Leading in a culture of change* (2nd ed.). Jossey-Bass.
Guskey, T. R. (2002). Professional development and teacher change. *Teachers and Teaching: Theory and Practice, 8*(3), 381–391.
Herzberg, F. (1959). *The motivation to work*. John Wiley & Sons.
Kotter, J. P. (1996). *Leading change*. Harvard Business School Press.
Le Anh Vinh. (2022). Chuyen doi so trong giao duc pho thong o Viet Nam: Co hoi va thach thuc. *Tap chi Khoa hoc Giao duc Viet Nam, 18*(5), 3–10.
Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE Publications.
Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review, 50*(4), 370–396.
Nguyen Quoc Chi, & Nguyen Thi My Loc. (2020). *Dai cuong khoa hoc quan ly* (Tai ban). Nha xuat ban Dai hoc Quoc gia Ha Noi.
OECD. (2019). *TALIS 2018 results: Teachers and school leaders as lifelong learners*. OECD Publishing.
Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon, 9*(5), 1–6.
Quoc hoi. (2025). *Luat so 125/2025/QH15 ngay 10/12/2025 ve Giao duc dai hoc* [Higher Education Law No. 125/2025/QH15]. Ha Noi.
Quoc hoi. (2025). *Luat so 129/2025/QH15 ngay 10/12/2025 ve Vien chuc* [Civil Servant Law No. 129/2025/QH15]. Ha Noi.
Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union.
Schein, E. H. (2010). *Organizational culture and leadership* (4th ed.). Jossey-Bass.
Schon, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
Scott, W. R. (2014). *Institutions and organizations: Ideas, interests, and identities* (4th ed.). SAGE Publications.
Senge, P. M. (2006). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization* (2nd ed.). Crown Business.
Tran Duy Thai. (2025). Phat trien nang luc so cho giao vien dap ung yeu cau doi moi giao duc. *Tap chi Giao duc, 25*(2), 15–21.
Tran Ngoc Giao, Nguyen Thi Tuyet Mai, & Nguyen Quoc Chi. (2017). *Tai lieu boi duong can bo quan ly khoa/phong truong Dai hoc, Cao dang*. Hoc vien Quan ly Giao duc. [Internal document].
Tran Quoc Thanh, & Duong Hai Hung. (2015). *Quan ly nhan su trong giao duc*. Nha xuat ban Giao duc Viet Nam.
UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO Publishing.

STRATEGIC WORKFORCE MANAGEMENT FOR WORK-NTEGRATEDLEARNING AND SPECIALIZED TEACHING IN A PRIVATE UNIVERSITY CONTEXT

Thai Hong Dan[1,2]
School of Education (SoE),
Can Tho University (CTU), Vietnam
danM4825034@gstudent.ctu.edu.vn
Vo Thi Ngoc Han[2]
SoE, CTU, Vietnam
hanM4825039@gstudent.ctu.edu.vn
Dr. Thai Cong Dan*[3,4]
School of Foreign Languages (SFL), CTU Vietnam
tcdan@ctu.edu.vn,
ORCID No: 0009-0002-9566-8128
Hoang Huynh Anh[4]
Little Beans Montessori Preschool,
Can Tho City, Vietnam

ABSTRACT

Workforce management in Vietnamese higher education institutions has become increasingly complex as the education system undergoes fundamental reform, digital transformation, and evolving stakeholder expectations. This qualitative study explores workforce management challenges and institutional development across two diverse educational contexts within University B (a private technology university in Can Tho City): (1) Unit A Managing On-the-Job Training (OJT) programs and (2) Unit B delivering physical education courses. The study employs thematic analysis to identify five major themes: (1) workforce competency gaps and professional development needs, (2) digital transformation and technological adaptation challenges, (3) workload pressure and employee retention difficulties, (4) institutional resource constraints and strategic adaptation, and (5) partnership and stakeholder coordination challenges. The findings reveal that while common challenges exist across institutional contexts, their manifestations and severity vary significantly based on specific professional requirements, operational characteristics, and stakeholder relationships. The study proposes a comprehensive strategic framework for workforce management that addresses both common and context-specific challenges, offering practical recommendations for educational leaders, policymakers, and practitioners across diverse Vietnamese educational settings.

Keywords: workforce management; educational leadership; institutional development; On-the-Job Training; physical education; digital transformation; higher education; Vietnam; reflective practice

1. INTRODUCTION

1.1 Background

Workforce management in Vietnamese higher education institutions has become a critical priority as the education system undergoes fundamental transformation. University B, as a member of a major private education system, operates with a distinctive educational philosophy emphasizing practical training, industry connections, and technology integration. Two specific operational contexts within the university present unique workforce management challenges: Unit A responsible for managing On-the-Job Training (OJT) programs, and Unit B responsible for delivering physical education courses and organizing sports activities.

University B was established to provide high-quality human resources for the Mekong Delta region and the nation. The university's educational philosophy is centered on learner-centered approaches, comprehensive development of professional knowledge, vocational skills, foreign language proficiency, information technology competence, physical fitness, and soft skills to meet the demands of Industry 4.0.

Unit A serves as the primary interface between the university and industry partners, managing approximately 1,500-2,000 students annually across programs in Information Technology, Languages, and Economics. The office is responsible for developing corporate networks, coordinating student placements, monitoring OJT progress, and ensuring the quality of internship experiences.

Unit B, with seven full-time lecturers, is responsible for delivering physical education courses including Vovinam, chess, and other physical activities. Beyond teaching responsibilities, lecturers are involved in extracurricular activities, sports competitions, student clubs, and various collaborative initiatives that contribute to a dynamic learning environment.

This study addresses the gap in understanding how workforce management challenges vary across these two distinct operational contexts within the same institution, and what strategies can be employed to address them.

1.2 Research Rationale

The rationale for this study is grounded in several observations about workforce management research and practice in Vietnamese higher education.

First, the diversity of functions within a single educational institution creates different workforce management challenges that require context-specific solutions. Unit A faces challenges related to external stakeholder coordination, while Unit B faces challenges related to specialized teaching and multiple extracurricular responsibilities.

Second, the implementation of work-integrated learning programs like OJT has become increasingly important in Vietnamese higher education, yet limited research has examined the workforce management challenges associated with these programs.

Third, the private education system, with its emphasis on technology integration and industry connections, provides an interesting case for examining how workforce management practices evolve in response to these priorities.

And *finally*, educational practitioners across different functional contexts possess valuable experiential knowledge about workforce management challenges and strategies that can inform practice in other institutions.

1.3 Research Questions

This study aimed to answer the following research questions:

1. What are the common and context-specific workforce management challenges in Unit A and Unit B at University B?

2. How do operational characteristics and professional requirements influence workforce challenges and responses in these two contexts?

3. What strategies do practitioners employ to address workforce management challenges in their specific institutional contexts?

4. How do partnership and stakeholder relationships affect workforce management in the OJT context?

5. What lessons can be learned from comparative analysis across these diverse functional contexts?

1.4 Research Objectives

General Objective

The primary objective of this study was to explore workforce management challenges and institutional development across two distinct functional contexts within University B and to identify both common patterns and context-specific approaches.

Specific Objectives

1. To identify workforce management challenges in Unit A (OJT management) and Unit B (Physical Education).
2. To examine how operational context influences the nature and severity of workforce challenges.

3. To analyze strategies employed to address workforce challenges in different functional contexts.
4. To explore the role of partnership and stakeholder coordination in workforce management.
5. To develop a comprehensive strategic framework for workforce management that addresses both common and context-specific challenges.

1.5 Significance of the Study

1.5.1 Theoretical Significance

This study contributes to workforce management theory by examining how functional context shapes challenges and responses within the same institution. It extends existing frameworks by recognizing the diversity of functions within educational institutions and the need for context-sensitive approaches.

1.5.2 Practical Significance

The findings provide practical guidance for educational leaders managing workforce development in distinct functional contexts. The comprehensive strategic framework offers a structured approach to addressing workforce challenges in diverse settings.

1.5.3 Policy Significance

The study provides evidence that can inform policy development regarding workforce management in different functional contexts, recognizing that one-size-fits-all approaches may be ineffective.

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Workforce Management in Higher Education

Workforce management encompasses recruitment, selection, placement, professional development, performance management, motivation, and retention of educational personnel (Armstrong & Taylor, 2023; Dessler, 2020). Higher education institutions face particular workforce management challenges due to the specialized nature of academic work, the need for both teaching and research competence, and the increasing demands for industry engagement and practical training (Bush, 2020).

Work-Integrated Learning Programs

Work-integrated learning programs, including On-the-Job Training (OJT), require specialized workforce management approaches. These programs involve coordination among multiple stakeholders, including educational institutions, industry partners, and students. The workforce

responsible for managing OJT programs needs skills in stakeholder coordination, program administration, and quality assurance (Billett, 2011; Orrell, 2011).

Specialized Teaching Contexts

Physical education teaching represents a specialized context within higher education. Physical education lecturers require not only teaching qualifications but also practical expertise in various sports and physical activities. They often manage extracurricular activities and sports events, requiring additional organizational and management skills (Trần Kiểm, 2020).

Critical Synthesis

While the diversity of functions within higher education institutions is recognized in the literature, limited research has examined how this diversity influences workforce challenges and strategies in the Vietnamese context. This study addresses this gap through comparative reflective analysis.

2.2 Workforce Competency Gaps and Professional Development

Workforce competency gaps and professional development needs represent significant challenges in higher education institutions. Research suggests that effective professional development requires alignment with job requirements, practical application opportunities, and institutional support (Darling-Hammond et al., 2017; Guskey, 2002).

Digital Competence

Digital competence has become an essential requirement for educational personnel. Research suggests that effective digital competence development requires differentiated approaches, practical application, continuous learning, peer support, and institutional support (Redecker, 2017; Tran Duy Thai, 2025).

Stakeholder Coordination Competence

For staff managing OJT programs, competence in stakeholder coordination is essential. This includes skills in communication, negotiation, relationship building, and conflict resolution (Nguyen Quoc Chi & Nguyen Thi My Loc, 2020).

Critical Synthesis

Understanding workforce competency gaps and professional development needs across different functional contexts is essential for developing effective capacity-building strategies. This study explores these dynamics.

2.3 Digital Transformation and Technological Adaptation

Digital transformation has created significant challenges and opportunities for higher education institutions. The integration of technology into teaching, learning, and management requires not only infrastructure investment but also workforce development and organizational change (Fullan, 2020; Senge, 2006).

Technology Infrastructure

Adequate technology infrastructure—including hardware, software, connectivity, and technical support—is essential for effective digital transformation. However, many institutions face infrastructure limitations that constrain their ability to implement digital transformation initiatives (OECD, 2019; UNESCO, 2021).

Data Management

Managing OJT programs involves handling large volumes of data, including corporate profiles, student lists, selection results, internship progress, and periodic reports. Effective data management requires integrated systems and staff competence in data handling (Tran Quoc Thanh & Duong Hai Hung, 2015).

Critical Synthesis

Understanding digital transformation challenges and technological adaptation across different functional contexts is essential for developing effective strategies. This study explores these dynamics.

2.4 Workload Pressure, Motivation, and Employee Retention

Employee motivation and retention are critical factors in workforce effectiveness and sustainability. Research suggests that motivation is influenced by compensation and benefits, recognition and appreciation, career development opportunities, work environment, and manageable workloads (Herzberg, 1959; Maslow, 1943).

Workload Pressure

Workload pressure has increased significantly in educational institutions due to expanding responsibilities, accountability demands, and the need for industry engagement. Staff in OJT management face seasonal workload peaks, while physical education lecturers face multiple responsibilities including teaching, extracurricular activities, and sports event coordination (Nguyen Quoc Chi & Nguyen Thi My Loc, 2020).

Critical Synthesis

Understanding workload pressure, motivation, and retention challenges across different functional contexts is essential for developing effective support strategies. This study explores these dynamics.

2.5 Theoretical Framework

This study is guided by four theoretical perspectives:

Institutional Theory explains how organizations are shaped by their institutional environments, including governance structures, professional norms, and resource constraints (Scott, 2014).

Strategic Human Resource Management emphasizes the alignment between workforce practices and institutional objectives (Boxall & Purcell, 2022).

Change Management Theory emphasizes the importance of vision, communication, stakeholder engagement, and sustained support in organizational change (Kotter, 1996).

Stakeholder Theory explains how organizations must manage relationships with multiple stakeholders to achieve their objectives (Freeman, 1984).

2.6 Conceptual Framework

Based on the literature review, this study proposes that workforce management challenges and responses vary across functional contexts based on:

1. **Operational characteristics**: Nature of work, stakeholder relationships, seasonal patterns
2. **Professional requirements**: Specialized competencies, regulatory requirements
3. **Workforce composition**: Size, qualifications, experience, generational distribution
4. **Resource availability**: Financial resources, infrastructure, technology
5. **Stakeholder relationships**: Industry partners, students, internal departments
6. **Organizational culture**: Values, norms, traditions
7. **External environment**: Labor market conditions, industry demands

These factors interact to shape workforce challenges and responses.

3. RESEARCH METHODOLOGY

3.1 Research Design

This study adopted a qualitative research design based on reflective professional practice and thematic analysis. The approach was chosen because the study aims to understand participants' experiences, perceptions, and interpretations of workforce management challenges across diverse functional contexts.

3.2 Research Context

The study was conducted in the context of two diverse functional units within University B:

Unit	Type	Location	Function	Staff Size
Unit A	Administrative Unit	Can Tho City	OJT program management, corporate relations	+10 lecturers
Unit B	Academic Department	Can Tho City	Physical education teaching, sports activities	7 lecturers

These units were selected because they represent important functional contexts within the same institution with distinct workforce management characteristics.

3.3 Participants

Participants comprised two postgraduate students in Educational Management at a Vietnamese university. Both participants were experienced educational practitioners with direct involvement in workforce management in their respective units.

Participant	Unit	Professional Role	Key Responsibilities
B001	Unit A	Administrator	OJT program management, corporate relations, student placement
B002	Unit B	Administrator/Lecturer	Teaching, sports event coordination, extracurricular activities

3.4 Data Collection

Data were collected from two reflective professional reports written by participants as part of their Master's program requirements. The reports focused on workforce management challenges and solutions in their respective units.

3.5 Data Analysis

Data were analyzed using Braun and Clarke's (2006) six-phase thematic analysis framework.

3.6 Trustworthiness

Trustworthiness was ensured through credibility, dependability, confirmability, and transferability (Lincoln & Guba, 1985).

3.7 Ethical Considerations Ethical principles were followed throughout the research. Participants were informed that their reports might be used for academic research, and personal identifying information was removed.

3.8 MA Requirement Agreements

This research was conducted as part of the requirements for the Master's program in Educational Management at Can Tho University. The study fulfills the MA requirement for conducting applied research that addresses real-world problems in educational management, particularly in the context of a private university with diverse functional units. Through this research, the participants have demonstrated competencies in analyzing workforce management challenges across different functional contexts within the same institution, applying theoretical frameworks to practical problems, designing qualitative research with comparative cases, critically reflecting on professional practice, and contributing to knowledge in the field of educational management. The study addresses program learning outcomes related to human resource management, strategic planning, stakeholder coordination, digital transformation, and research competence.

By completing this research, the MA students have integrated theory and practice to propose practical solutions for managing workforces in diverse functional contexts, recognizing that OJT management and specialized teaching require context-sensitive approaches that address unique operational characteristics, professional requirements, and stakeholder relationships.

4. FINDINGS

4.1 Overview of Findings

Thematic analysis of the two reflective reports identified five major themes related to workforce management challenges across diverse functional contexts:

1. **Workforce Competency Gaps and Professional Development Needs**
   - Digital competence gaps
   - Specialized training needs
   - Stakeholder coordination competence
2. **Digital Transformation and Technological Adaptation Challenges**
   - Infrastructure limitations
   - Data management challenges
   - Technology integration barriers
3. **Workload Pressure and Employee Retention Difficulties**
   - Increasing workload and pressure
   - Multiple role demands
   - Retention challenges

4. **Institutional Resource Constraints and Strategic Adaptation**
   - Financial constraints
   - Partnership development
   - Strategic planning
5. **Partnership and Stakeholder Coordination Challenges**
   - Corporate relationship management
   - Student diversity and expectations
   - Inter-departmental coordination

4.2 Theme 1: Workforce Competency Gaps and Professional Development Needs

The first major theme concerned workforce competency gaps and professional development needs across functional contexts.

4.2.1 Digital Competence Gaps

Participants described digital competence gaps in their workforces.

A participant from Unit A (B001) reflected:

> *"Although the university has applied digital platforms such as Google Workspace, LMS, and various online management tools, data is stored across multiple different systems, leading to time-consuming consolidation and information retrieval. For instance, when a company adjusts its placement list or a student changes their internship preferences, staff must simultaneously update multiple forms and tracking lists to ensure data consistency."*

A participant from Unit B (B002) observed:

> *"The ability to access and apply technology among lecturers is not uniform. Some lecturers actively update digital tools, while others struggle with AI applications, building digital learning materials, and exploiting learning management systems. This creates differences in teaching effectiveness and adaptability to digital transformation requirements."*

4.2.2 Specialized Training Needs

Specialized training needs were identified in both contexts.

A participant from Unit A (B001) reflected:

> *"Staff must regularly update regulations of the university, recruitment needs of companies, and technology tools for management. However, time for professional development and capacity building is limited due to ongoing work pressures."*

A participant from Unit B (B002) observed:

> *"Scientific research activities of lecturers in Unit B face many limitations. The characteristic of the department is a focus on practice and organizing experiential activities for students, while the number of research topics, articles, and academic forums in the field of physical education is limited compared to other disciplines. This reduces opportunities for academic exchange, updating new knowledge, and developing research capacity."*

4.2.3 Stakeholder Coordination Competence

Stakeholder coordination competence was identified as a particular need in the OJT context.

A participant from Unit A (B001) reflected:

> *"OJT activities require close coordination among multiple stakeholders such as enterprises, lecturers, and students. When the number of coordination points is large, information exchange and work processing may not be timely, affecting management effectiveness and OJT implementation quality."*

4.3 Theme 2: Digital Transformation and Technological Adaptation Challenges

The second major theme concerned digital transformation and technological adaptation challenges across functional contexts.

4.3.1 Infrastructure Limitations

Infrastructure limitations affected digital transformation efforts.

A participant from Unit A (B001) reflected:

> *"OJT activities involve a large volume of information such as company records, student lists, selection results, internship progress, and periodic reports. This data is frequently updated and changed, requiring staff to track, verify, and process promptly to ensure accuracy. Although the university has applied digital platforms, data is stored across multiple different systems, leading to time-consuming consolidation and information retrieval."*

4.3.2 Data Management Challenges

Data management challenges were particularly acute in the OJT context.

A participant from Unit A (B001) observed:

> *"When a company adjusts its placement list or a student changes their internship preferences, staff must simultaneously update multiple forms and tracking lists to*

ensure data consistency. This creates significant administrative burden and increases the risk of data errors."

A participant from Unit B (B002) added:

"The application of new technologies, especially AI, in OJT management is still in its early stages. The ability to exploit data to predict enterprise needs, support student allocation, or automate reports has not been fully developed, reducing management effectiveness and increasing manual workload."

4.4 Theme 3: Workload Pressure and Employee Retention Difficulties

The third major theme concerned workload pressure and employee retention difficulties across functional contexts.

4.4.1 Increasing Workload and Pressure

Workload and pressure have increased significantly across both contexts.

A participant from Unit A (B001) reflected:

"The staff not only performs corporate connection work but also takes on many other tasks such as student counseling, internship list coordination, monitoring OJT progress, and handling unexpected situations. The large workload, especially during peak periods, creates significant pressure on staff."

A participant from Unit B (B002) observed:

"Lecturers not only teach courses such as Vovinam, chess, and other physical activities but also participate in organizing competitions, extracurricular activities, coaching teams, and performing many student support tasks according to university requirements. The diverse workload, combined with labor market dynamics, makes recruitment, development, and retention of qualified lecturers a major challenge."

4.4.2 Multiple Role Demands

Multiple role demands were identified in both contexts.

A participant from Unit B (B002) reflected:

"Unit B lecturers also take on roles such as academic advisors, organizing competitions and sports events, coaching teams, coordinating with military education, guiding clubs, and participating in student support activities. Taking on many different roles is a necessary requirement in today's higher education environment, but it also poses many challenges for workforce management and utilization."

4.4.3 Retention Challenges

Retention challenges were identified in both contexts.

A participant from Unit B (B002) observed:

> *"The labor market in education and sports is increasingly competitive, especially among universities and training centers. Candidates with high professional qualifications, teaching experience, and practical organizational capacity often have many opportunities to choose workplaces with better compensation packages and professional development environments. This makes recruiting quality lecturers for Unit B quite difficult."*

4.5 Theme 4: Institutional Resource Constraints and Strategic Adaptation

The fourth major theme concerned institutional resource constraints and strategic adaptation approaches.

4.5.1 Financial Constraints

Financial constraints affected workforce development across contexts.

A participant from Unit A (B001) reflected:

> *"The corporate network is an important resource that determines internship opportunities and the quality of OJT experiences for students. However, maintaining and developing the corporate network faces many difficulties due to changing recruitment needs, unstable internship capacity, and differences between internship positions and training majors."*

A participant from Unit B (B002) observed:

> *"In addition to professional duties, lecturers must regularly participate in training to improve professional qualifications, teaching methods, and digital competence, while still ensuring they complete teaching, research, and other tasks. For Unit B lecturers, beyond teaching, they must organize extracurricular activities, sports competitions, and many student support tasks, leading to significant work pressure."*

4.5.2 Partnership Development

Partnership development was identified as a particular need in the OJT context.

A participant from Unit A (B001) reflected:

> *"There are semesters when some companies reduce their intake or temporarily suspend internship recruitment due to personnel planning adjustments and business operations. Additionally, many companies only have recruitment needs for students in certain*

majors such as Information Technology or Digital Marketing, while internship needs of students come from many different disciplines. This makes balancing student numbers with company recruitment capacity quite difficult."

4.6 Theme 5: Partnership and Stakeholder Coordination Challenges

The fifth major theme concerned partnership and stakeholder coordination challenges across functional contexts.

4.6.1 Corporate Relationship Management

Corporate relationship management was identified as a particular challenge in the OJT context.

A participant from Unit A (B001) reflected:

"Developing new corporate partners also takes significant time for surveying, assessing suitability, and building long-term cooperative relationships. The university must not only focus on the number of companies but also ensure that companies have appropriate working environments, have direct supervisors, and create conditions for students to achieve OJT learning outcomes."

A participant from Unit A (B001) observed:

"In practice, there are cases where companies change their intake timing or adjust selection requirements after the university has already informed students. Conversely, some students change their preferences or do not respond within deadlines, forcing Unit A to work again with companies to adjust the list."

4.6.2 Student Diversity and Expectations

Student diversity and expectations created challenges in the OJT context.

A participant from Unit A (B001) reflected:

"Each semester, many students register for internships at companies with good working environments or compensation packages, while companies have limited intake capacity. Additionally, there are cases where students change their preferences after placement, request to change companies, or refuse placements because they are not suitable for their personal desires. These situations create many additional tasks in coordination and affect the overall OJT schedule."

A participant from Unit A (B001) observed:

"During the internship process, some students are not proactive in reporting progress, do not fully comply with company or university regulations, leading to staff having to

frequently monitor, remind, and coordinate with handling. This consumes significant staff time and resources."

4.6.3 Inter-departmental Coordination

Inter-departmental coordination challenges were identified across contexts.

A participant from Unit A (B001) reflected:

"OJT activities involve participation from many stakeholders including Unit A, specialized departments, enterprises, and students. Each unit has its own roles and responsibilities, so the effectiveness of OJT activities depends heavily on coordinated implementation. However, in practice, information exchange between parties is sometimes not timely, leading to situations requiring plan adjustments or additional processing."

A participant from Unit B (B002) observed:

"Without reasonable assignment or effective coordination mechanisms among members of the department, the quality of each task can be affected. Using human resources effectively is not only about assigning the right person to the right job but also ensuring balance in workload, creating conditions for each individual to develop their capacity and maintain work motivation."

4.7 Cross-Case Integration

Across the two cases, several patterns emerged:

1. **Common Challenges:** Workforce competency gaps, workload pressure, motivation challenges, and retention concerns were reported across both contexts.
2. **Contextual Variations:** The nature and severity of challenges varied based on operational characteristics, professional requirements, and stakeholder relationships.
3. **OJT Context:** Unit A faced particular challenges in corporate relationship management, student diversity and expectations, and data management. Seasonal workload patterns created significant pressure during peak periods.
4. **Physical Education Context:** Unit B faced particular challenges in specialized teaching, extracurricular activity coordination, and balancing multiple role demands.
5. **Technology Integration:** Both contexts faced challenges in digital transformation, but the OJT context faced particular challenges in data management and system integration.

4.8 Summary of Findings The findings identified five major themes related to workforce management challenges across diverse functional contexts:

1. **Workforce Competency Gaps and Professional Development Needs:** Digital competence gaps, specialized training needs, stakeholder coordination competence.
2. **Digital Transformation and Technological Adaptation Challenges:** Infrastructure limitations, data management challenges, technology integration barriers.
3. **Workload Pressure and Employee Retention Difficulties:** Increasing workload and pressure, multiple role demands, retention challenges.
4. **Institutional Resource Constraints and Strategic Adaptation:** Financial constraints, partnership development, strategic planning.
5. **Partnership and Stakeholder Coordination Challenges:** Corporate relationship management, student diversity and expectations, inter-departmental coordination.

4.9 Future Directions for MA Graduates in Dealing with Functional Workforce Challenges

The results of this study have significant implications for graduates of the Master's program in Educational Management. As future educational leaders, graduates are uniquely positioned to address workforce management challenges across diverse functional contexts within educational institutions identified in this research. The participants emphasized that their MA studies have equipped them with theoretical knowledge and practical skills to develop strategic approaches for managing workforces in different functional contexts while addressing competency gaps, digital transformation challenges, workload pressure, retention difficulties, resource constraints, and stakeholder coordination challenges. These strategies include differentiated professional development programs, comprehensive digital transformation initiatives, workload management during peak periods, enhanced stakeholder relationship management, strategic workforce planning, and systematic partnership development. The participants identified several areas for future research, including comparative studies across different functional contexts and institutions, examination of specific strategies for stakeholder coordination and partnership management, research on digital transformation in work-integrated learning contexts, studies on retention and motivation in private university settings, and stakeholder research including perspectives from corporate partners and students.

As MA graduates, they will imagine contributing to policy advocacy for improved support for diverse functional contexts, capacity building through training and mentoring, research and innovation in workforce management, and leadership development that models effective change management in specialized educational settings. The participants reflected that the MA program has transformed their understanding of educational management, giving them

confidence to lead effectively across diverse functional contexts while addressing the unique challenges of each context. They concluded that effective workforce management in private university settings requires strategic, comprehensive approaches that address both institutional objectives and the specific needs of different functional units, creating environments where staff feel supported, valued, and motivated to contribute to institutional excellence.

5. DISCUSSION, IMPLICATIONS, LIMITATIONS, AND CONCLUSION

5.1 Introduction

This chapter discusses the findings in relation to previous research and theoretical perspectives. The study explored workforce management challenges across two distinct functional contexts within University B through reflective professional practice.

5.2 Discussion of Major Findings

5.2.1 Workforce Competency Gaps and Professional Development Needs

The first finding highlights that workforce competency gaps and professional development needs vary significantly across functional contexts. Digital competence gaps are universal but manifest differently. Stakeholder coordination competence is particularly important in the OJT context, while specialized pedagogical competence is particularly important in the physical education context.

This result supports research emphasizing the importance of differentiated professional development (Darling-Hammond et al., 2017; Guskey, 2002) and extends it by demonstrating how competency gaps manifest across different functional contexts within the same institution. The finding also highlights the need for professional development that is practical, sustained, differentiated, and integrated into work routines. Trần Ngọc Giao and colleagues (2017) emphasized that professional development should be connected to job requirements and institutional objectives.

5.2.2 Digital Transformation and Technological Adaptation

The second finding demonstrates that digital transformation faces significant challenges across functional contexts. Infrastructure limitations, data management challenges, and technology integration barriers were reported across contexts. The OJT context faced particular challenges in data management and system integration due to the volume and complexity of data involved. This outcome aligns with research on digital transformation in education (Fullan, 2020; OECD, 2019) and extends it by demonstrating how these challenges manifest across different functional contexts in Vietnam.

The finding highlights the need for comprehensive approaches to digital transformation that address infrastructure, competence development, and organizational change. Trần Duy Thái (2025) emphasized the need for differentiated digital competence development, and this study reinforces that finding.

5.2.3 Workload Pressure and Employee Retention

The third finding reveals that workload pressure and retention challenges vary across functional contexts. Increasing workload and pressure are universal but vary in nature. Multiple role demands are particularly acute in the physical education context. Retention challenges are influenced by competitive labor market conditions and the availability of alternative employment opportunities.

This finding aligns with research on motivation and well-being in education (Herzberg, 1959; Maslow, 1943; OECD, 2019) and extends it by demonstrating how context shapes these challenges.

The result highlights the need for comprehensive approaches to motivation and retention that address both material and non-material factors. Dessler (2020) emphasized that performance management, career management, and retention are interconnected, requiring integrated approaches.

5.2.4 Partnership and Stakeholder Coordination

The fourth finding demonstrates that partnership and stakeholder coordination challenges are particularly significant in the OJT context. Corporate relationship management requires ongoing effort to maintain and develop partnerships. Student diversity and expectations create challenges in placement coordination. Inter-departmental coordination requires effective communication and collaboration mechanisms.

This outcome aligns with stakeholder theory (Freeman, 1984) and extends it by demonstrating how stakeholder coordination challenges manifest in the context of work-integrated learning.

The finding highlights the need for systematic approaches to stakeholder relationship management that address communication, coordination, and expectation management.

5.2.5 Institutional Resource Constraints and Strategic Adaptation

The fifth finding demonstrates that resource constraints and strategic adaptation approaches vary across functional contexts. Financial constraints affect workforce development and partnership development. Strategic adaptation requires alignment with institutional priorities and resource availability.

This result supports institutional theory (Scott, 2014) and extends it by demonstrating how institutional context shapes resource constraints and adaptation strategies.

The finding highlights the need for context-sensitive strategic adaptation approaches that recognize the unique challenges and opportunities of different functional contexts.

5.3 Theoretical Implications

This study contributes several theoretical implications.

Firstly, it extends institutional theory by demonstrating how functional context shapes workforce management challenges and strategies within the same institution. The findings show that operational characteristics, professional requirements, and stakeholder relationships influence workforce experiences.

Secondly, the study extends strategic human resource management theory by demonstrating the importance of context-sensitive workforce strategies. The findings show that effective workforce management requires adaptation to functional context rather than one-size-fits-all approaches.

Thirdly, the study contributes to stakeholder theory by demonstrating the importance of stakeholder relationship management in work-integrated learning contexts. The findings show that managing corporate, student, and inter-departmental relationships is essential for effective OJT program delivery.

And *lastly,* the study validates reflective practice as a valuable research approach for understanding workforce challenges across diverse functional contexts. Practitioners' reflective accounts provide insights that complement and extend findings from large-scale quantitative studies.

5.4 Practical Implications

The findings provide several practical implications for educational leaders and policymakers.

5.4.1 Differentiated Professional Development

Professional development should be differentiated based on:

- Functional context (OJT management, physical education)
- Competency levels (basic, intermediate, advanced)
- Professional requirements (stakeholder coordination, specialized teaching)
- Digital competence needs

5.4.2 Comprehensive Digital Transformation

Digital transformation requires:

- Integrated data management systems
- Differentiated digital competence development
- Ongoing technical support
- Organizational culture change
- Recognition of functional context differences

5.4.3 Enhanced Support for Workforce

Workforce support should include:

- Workload management during peak periods
- Recognition of diverse contributions
- Career development pathways
- Support for work-life balance
- Competitive compensation

5.4.4 Stakeholder Relationship Management

Stakeholder relationship management requires:

- Systematic corporate relationship development
- Clear communication and coordination mechanisms
- Expectation management with students and partners
- Inter-departmental collaboration structures

5.4.5 Strategic Workforce Planning

Institutions should develop strategic workforce planning through:

- Long-term workforce forecasting
- Systematic succession planning
- Data-informed workforce decision-making
- Alignment with institutional strategic objectives
- Proactive adaptation to policy changes

5.4.6 Policy Recommendations

Policymakers should consider:

- More flexible workforce management mechanisms
- Differentiated support for different functional contexts
- Investment in professional development and digital infrastructure
- Recognition of functional context differences in workforce management
- Support for work-life balance and mental health

5.5 Strategic Framework

Based on the findings, this study proposes a comprehensive strategic framework for workforce management in diverse functional contexts. The framework has four components:

Component 1: Workforce Planning

- Strategic forecasting of workforce needs
- Alignment with institutional strategic objectives
- Proactive adaptation to policy changes
- Data-informed decision-making

Component 2: Workforce Development

- Differentiated professional development
- Functional context sensitivity
- Digital competence development
- Continuous learning and improvement

Component 3: Workforce Engagement

- Comprehensive recognition and appreciation
- Career development pathways
- Support for work-life balance
- Positive organizational culture

Component 4: Workforce Sustainability

- Succession planning and knowledge transfer
- Retention strategies for key personnel
- Proactive adaptation to changes
- Long-term workforce quality improvement

5.6 Limitations

Several limitations should be acknowledged.

First, the study involved only two participants, limiting generalizability. The findings reflect their experiences and perspectives, which may not be representative of all staff in these functional contexts.

Second, the study relied on reflective reports that may be influenced by participants' selective memories and interpretations. The reports were written as academic assignments, which may have influenced content and emphasis.

Third, the study did not include perspectives from other stakeholders such as corporate partners, students, or other staff members. Including these perspectives could provide a more comprehensive understanding of workforce dynamics.

Last but not least, the study focused on two functional contexts within the same institution. Findings may not be fully transferable to other functional contexts or institutions.

5.7 Recommendations for Future Research

Future research should consider:

1. **Larger studies** across more functional contexts and institutions to enhance generalizability.
2. **Mixed-method studies** combining reflective data with surveys, interviews, and institutional data for more comprehensive understanding.
3. **Longitudinal studies** tracking workforce management processes and outcomes over time.
4. **Stakeholder studies** including perspectives from corporate partners, students, and other staff members.
5. **Studies examining specific aspects** of workforce management in depth, such as stakeholder coordination, digital transformation, or retention.
6. **Research on the effectiveness** of specific strategies and practices for different functional contexts.
7. **Comparative studies** across different institutions and types of work-integrated learning programs.

5.8 Conclusion

This study explored workforce management challenges across two distinct functional contexts within University B through reflective professional practice. The findings identified five major themes: workforce competency gaps and professional development needs, digital transformation and technological adaptation challenges, workload pressure and employee retention difficulties, institutional resource constraints and strategic adaptation, and partnership and stakeholder coordination challenges.

The study demonstrates that workforce management challenges and responses vary significantly across functional contexts. Unit A and Unit B face different challenges and require different strategies. Understanding these differences is essential for effective workforce management.

The research contributes to the literature by providing a comparative analysis across diverse functional contexts. It offers practical guidance for educational leaders seeking to strengthen workforce management in their specific functional contexts. The findings highlight the importance of context-sensitive, differentiated approaches to educational workforce management.

The paper also demonstrates the value of reflective practice as a research approach for understanding complex organizational challenges. Practitioners' reflective accounts provide insights that complement and extend findings from large-scale quantitative studies.

As Vietnamese higher education continues to evolve, effective workforce management across diverse functional contexts will remain a critical priority. Understanding the diverse challenges and strategies across functional contexts is essential for developing appropriate policies and practices. This study provides a foundation for further research and practice in this important area.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors sincerely thank the teaching staff of School of Education (SoE), Can Tho University (CTU), and School of Foreign Languages (SFL), CTU, Vietnam, for their instruction in the MA program in Educational Management at CTU, as well as for their valuable academic support, professional guidance, and encouragement throughout the development of this research. The authors also wish to acknowledge that the insights and observations presented in this paper were drawn from their professional experiences and reflective practices within private university contexts, particularly regarding On-the-Job Training programs and physical education courses. Special appreciation goes to the administrators, faculty members, and colleagues who provided valuable participation and contributions to this study on strategic workforce management in higher education, particularly regarding workforce competency gaps, digital transformation, workload pressure, resource constraints, and partnership coordination challenges. The authors would also like to express their sincere gratitude to Ms. Thai Phan Bao Han for her careful proofreading and valuable assistance in improving the English language quality of this manuscript. Finally, the authors gratefully acknowledge *the 13th International Marmara Scientific Research and Innovation Congress, August 29–30, 2026, Istanbul, Türkiye*, for providing an academic platform for the presentation and dissemination of this research.

REFERENCES

Armstrong, M., & Taylor, S. (2023). *Armstrong's handbook of human resource management practice* (16th ed.). Kogan Page.

Billett, S. (2011). *Curriculum and pedagogic bases for effectively integrating practice-based experiences*. Australian Learning and Teaching Council, 1-20.
Boxall, P., & Purcell, J. (2022). *Strategy and human resource management* (5th ed.). Bloomsbury Academic.
Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology, 3*(2), 77-101.
Bush, T. (2020). *Theories of educational leadership and management* (5th ed.). SAGE Publications.
Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute.
Dessler, G. (2020). *Human resource management* (16th ed.). Pearson.
Freeman, R. E. (1984). *Strategic management: A stakeholder approach*. Pitman.
Fullan, M. (2020). *Leading in a culture of change* (2nd ed.). Jossey-Bass.
Guskey, T. R. (2002). Professional development and teacher change. *Teachers and Teaching: Theory and Practice, 8*(3), 381-391.
Herzberg, F. (1959). *The motivation to work*. John Wiley & Sons.
Kotter, J. P. (1996). *Leading change*. Harvard Business School Press.
Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE Publications.
Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review, 50*(4), 370-396.
Nguyen Quoc Chi, & Nguyen Thi My Loc. (2020). *Dai cuong khoa hoc quan ly* (Tai ban). Nha xuat ban Dai hoc Quoc gia Ha Noi.
OECD. (2019). *TALIS 2018 results: Teachers and school leaders as lifelong learners*. OECD Publishing.
Orrell, J. (2011). *Good practice report: Work-integrated learning*. Australian Learning and Teaching Council, 1-24.
Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union.
Schein, E. H. (2010). *Organizational culture and leadership* (4th ed.). Jossey-Bass.
Schon, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
Scott, W. R. (2014). *Institutions and organizations: Ideas, interests, and identities* (4th ed.). SAGE Publications.
Senge, P. M. (2006). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization* (2nd ed.). Crown Business.
Tran Duy Thai. (2025). *Phat trien nang luc so cho giao vien dap ung yeu cau doi moi giao duc*. *Tap chi Giao duc, 25*(2), 15-21.
Tran Kiem. (2020). *Quan ly giao duc va quan ly nha truong*. Nha xuat ban Dai hoc Su pham.
Tran Ngoc Giao, Nguyen Thi Tuyet Mai, & Nguyen Quoc Chi. (2017). *Tai lieu boi duong can bo quan ly khoa/phong truong Dai hoc, Cao dang*. Hoc vien Quan ly Giao duc. [Internal document].
Tran Quoc Thanh, & Duong Hai Hung. (2015). *Quan ly nhan su trong giao duc*. Nha xuat ban Giao duc Viet Nam.
UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO Publishing.

WORKFORCE MANAGEMENT CHALLENGES IN NEWLY ESTABLISHED PUBLIC SCHOOLS: BUILDING ORGANIZATIONAL CULTURE AND MANAGING WORKFORCE STABILIZATION

Tran Thi Ngoc Han[1,2]
School of Education (SoE),
Can Tho University, CTU, Vietnam
hanM4825038@gstudent.ctu.edu.vn
Nguyen Huynh Truc Vy[2]
SoE, CTU, Vietnam
vyM4825060@gstudent.ctu.edu.vn
Dr. Thai Cong Dan*[3]
School of Foreign Languages (SFL), CTU Vietnam
tcdan@ctu.edu.vn, Whatsapp +84 0982223384
ORCID No: 0009-0002-9566-8128
Thach Chanh Da[4]
School of Political Sciences, Social Sciences &Humanities
CTU, Vietnam
tda@ctu.edu.vn, +84 0903171008

ABSTRACT

Newly established public schools in Vietnam face unique workforce management challenges as they build their organizational structures, develop institutional culture, and stabilize their teaching workforce from the ground up. Unlike well-established schools with mature systems and stable staff, new schools must navigate the complexities of integrating teachers from diverse professional backgrounds, managing workforce shortages, and establishing cohesive working relationships. This qualitative study explores these challenges through reflective professional practice at School G, a newly established public primary school in Can Tho City. Thematic analysis reveals four major themes: (1) Challenges in building a unified organizational culture from diverse professional backgrounds, (2) Workforce shortages and the pressure of multiple role responsibilities, (3) Difficulties in establishing systematic professional development and performance assessment, and (4) Challenges in workforce planning amid demographic and enrollment uncertainties. The findings suggest that newly established schools require deliberate and strategic approaches to workforce management that prioritize organizational culture development, systematic workforce planning, and supportive professional development practices.

Keywords: workforce management; newly established schools; organizational culture; teacher integration; workforce stabilization; public primary education; Vietnam; reflective practice

1. INTRODUCTION

1.1 Background

The establishment of new public schools in Vietnam reflects the government's commitment to expanding educational access and meeting the needs of growing urban populations. However,

the process of establishing a new school presents unique workforce management challenges that differ significantly from those faced by established institutions. These challenges stem from the need to build organizational structures, systems, and culture from the ground up while simultaneously delivering quality education.

School G, located in an urban area of Can Tho City, represents a case study of these challenges. Established at the beginning of the 2024-2025 academic year, the school was built to serve a rapidly growing residential area. The school was constructed with modern facilities and designed to meet contemporary educational standards. However, as a newly established institution, it faces the complex task of building a cohesive teaching workforce from teachers who have been transferred from various schools across the district.

The school currently operates with 40 classes and 1,416 students, with 100% of students attending two sessions per day and participating in the school's extended day program. The school has 65 staff members, including 3 administrators, 56 teachers, and 6 support staff. The teaching staff generally has strong professional qualifications, but the school still needs to supplement its workforce with 6 primary teachers, 1 physical education teacher, 1 student counselor, and 1 administrative staff member.

This study examines the workforce management challenges faced by School G during its initial years of operation. By understanding these challenges, the study aims to provide insights that can inform workforce management practices in newly established educational institutions.

1.2 Research Rationale

The rationale for this study is grounded in several observations about workforce management in newly established schools.

First, the integration of teachers from diverse professional backgrounds presents significant challenges. Teachers who have worked in different schools bring different work habits, professional philosophies, and organizational cultures. Creating a unified institutional culture from this diversity requires deliberate effort and time.

Second, workforce shortages are common in newly established schools. The initial allocation of teaching staff may not match the actual student enrollment, leading to workforce deficits that require creative solutions, including teacher contracts and multiple role assignments.

Third, the establishment of systematic professional development and performance assessment practices takes time. In the early years, schools may lack the data and systems needed to assess teacher performance comprehensively and to provide targeted professional development.

And *lastly*, workforce planning in newly established schools is complicated by demographic and enrollment uncertainties. Schools must anticipate student enrollment numbers, which can fluctuate based on population movements and demographic changes.

1.3 Research Questions

This study sought to answer the following research questions:

1. What are the primary workforce management challenges faced by newly established public schools in Vietnam?

2. How does the integration of teachers from diverse professional backgrounds affect organizational culture and workforce cohesion?

3. What strategies can newly established schools employ to address workforce shortages and multiple role pressures?

4. How can newly established schools develop effective professional development and performance assessment systems?

1.4 Research Objectives

General Objective

The primary objective of this study was to explore workforce management challenges in newly established public schools and to identify strategies for addressing these challenges.

Specific Objectives

1. To identify the workforce management challenges faced by newly established public schools.
2. To examine the challenges of building organizational culture from a diverse teaching workforce.
3. To analyze strategies for addressing workforce shortages and multiple role pressures.
4. To develop recommendations for professional development and performance assessment in newly established schools.

1.5 Significance of the Study

1.5.1 Theoretical Significance

This study contributes to the literature on workforce management in educational institutions by examining the unique challenges of newly established schools. It extends institutional theory by demonstrating how organizational age and stage of development shape workforce management practices.

1.5.2 Practical Significance The findings provide practical guidance for educational leaders and policymakers involved in establishing new schools. The recommendations can inform workforce planning and management in similar contexts.

1.5.3 Policy Significance

The study provides evidence that can inform policy development regarding the establishment and staffing of new schools, including allocation of teaching staff, professional development support, and workforce planning.

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Organizational Culture and Workforce Integration

Organizational culture is a critical factor in workforce management. In newly established organizations, building a unified culture from a diverse workforce is a significant challenge (Schein, 2010; Senge, 2006).

Defining Organizational Culture

Organizational culture consists of shared values, beliefs, norms, and practices that guide behavior within an organization. It shapes how members interact, make decisions, and approach their work (Schein, 2010).

Workforce Integration

Integrating teachers from diverse professional backgrounds requires attention to cultural differences and the development of shared values and practices. This involves not only articulating institutional values but also modeling them in leadership behavior and embedding them in institutional policies and practices (Tran Quoc Thanh & Duong Hai Hung, 2015).

Critical Synthesis

Understanding the challenges of workforce integration and organizational culture building is essential for workforce management in newly established schools.

2.2 Workforce Shortages and Multiple Role Responsibilities

Workforce shortages are common in newly established educational institutions. When teacher allocations do not match student enrollment, schools must employ strategies to address gaps (Nguyen Quoc Chi & Nguyen Thi My Loc, 2020).

Teacher Allocation

Teacher allocation in public schools is determined by student enrollment, class numbers, and government staffing quotas. In newly established schools, enrollment may be uncertain, and staffing allocations may lag behind actual needs (MoET, 2018).

Multiple Role Responsibilities When workforce shortages exist, teachers may be required to take on multiple roles and responsibilities. This can include teaching multiple subjects, assuming administrative duties, and managing extracurricular activities. While this can provide professional development opportunities, it can also lead to workload pressure and burnout (OECD, 2019).

Critical Synthesis

Understanding the dynamics of workforce shortages and multiple role responsibilities is essential for workforce management in newly established schools.

2.3 Professional Development and Performance Assessment

Establishing systematic professional development and performance assessment practices takes time in newly established schools (Darling-Hammond et al., 2017; Guskey, 2002).

Professional Development

Professional development in newly established schools should address the specific needs of the workforce, which may include teachers from diverse backgrounds with varying levels of experience and competence (Tran Duy Thai, 2025).

Performance Assessment

Performance assessment in newly established schools may initially be informal, but systematic assessment practices are essential for supporting teacher development and ensuring quality (Dessler, 2020).

Critical Synthesis

Understanding the challenges of establishing professional development and performance assessment systems is essential for workforce management in newly established schools.

2.4 Workforce Planning and Enrollment Uncertainties

Workforce planning in newly established schools is complicated by enrollment uncertainties (Bush, 2020).

Demographic Changes

Demographic changes, including population movements and urbanization, can create enrollment uncertainties that complicate workforce planning (Tran Kiem, 2020).

Strategic Workforce Planning

Strategic workforce planning requires anticipating future enrollment needs and aligning workforce development accordingly. This involves not only predicting student numbers but also anticipating teacher turnover and retirement (Armstrong & Taylor, 2023).

Critical Synthesis Understanding the challenges of workforce planning amid enrollment uncertainties is essential for workforce management in newly established schools.

2.5 Theoretical Framework

This study is guided by three theoretical perspectives:

Organizational Culture Theory explains how shared values and norms shape organizational behavior (Schein, 2010).

Institutional Theory explains how organizations are shaped by their institutional environments, including governance structures and resource constraints (Scott, 2014).

Change Management Theory emphasizes the importance of vision, communication, stakeholder engagement, and sustained support in organizational change (Kotter, 1996).

2.6 Conceptual Framework

Based on the literature review, this study proposes that workforce management challenges in newly established schools are shaped by:

1. **Institutional age:** Newly established vs. mature institutions
2. **Workforce composition:** Diversity of professional backgrounds, experience levels
3. **Enrollment patterns:** Stability and predictability of student numbers
4. **Resource availability:** Staffing allocations, facilities, professional development resources
5. **Organizational culture:** Shared values, norms, practices
6. **Stakeholder expectations:** Community, government, and parent expectations

3. RESEARCH METHODOLOGY

3.1 Research Design

This study adopted a qualitative research design based on reflective professional practice and thematic analysis (Braun & Clarke, 2006).

3.2 Research Context

The study was conducted at School G, a newly established public primary school in Can Tho City:

School	Location	Year Established	Context
School G	Can Tho City	2024	New school in rapidly growing urban area

This school was selected because it represents the challenges of newly established educational institutions in Vietnam.

3.3 Participants

Participants comprised two postgraduate students in Educational Management at a Vietnamese university. Both participants were administrators at School G, providing different perspectives on the same institutional context.

Participant	School	Professional Role
D001	School G	Administrator
D002	School G	Administrator

3.4 Data Collection

Data were collected from two reflective professional reports written by participants as part of their Master's program requirements. Both reports focused on workforce management challenges at the same newly established school.

3.5 Data Analysis

Data were analyzed using Braun and Clarke's (2006) six-phase thematic analysis framework.

3.6 Trustworthiness

Trustworthiness was ensured through credibility, dependability, confirmability, and transferability (Lincoln & Guba, 1985).

3.7 Ethical Considerations

Ethical principles were followed throughout the research. Participants were informed that their reports might be used for academic research, and personal identifying information was removed.

3.8 MA Requirement Alignment

This paper was conducted as part of the requirements for the Master's program in Educational Management at Can Tho University. The study fulfills the MA requirement for conducting applied research that addresses real-world problems in educational management, particularly in the context of newly established public schools. Through this research, the participants have demonstrated competencies in analyzing workforce management challenges unique to new institutions, applying theoretical frameworks to practical problems, designing qualitative research with a single institutional case, critically reflecting on professional practice, and contributing to knowledge in the field of educational management. The study addresses program learning outcomes related to human resource management, organizational culture development, workforce planning, strategic leadership, and research competence. By completing this research, the MA students have integrated theory and practice to propose practical solutions for managing workforces in newly established schools, recognizing that

these institutions require deliberate and strategic approaches to organizational culture building, workforce stabilization, professional development, and workforce planning amid enrollment uncertainties.

4. FINDINGS

4.1 Overview of Findings

Thematic analysis of the two reflective reports identified four major themes related to workforce management challenges in newly established public schools:

1. Challenges in Building a Unified Organizational Culture from Diverse Professional Backgrounds
2. Workforce Shortages and the Pressure of Multiple Role Responsibilities
3. Difficulties in Establishing Systematic Professional Development and Performance Assessment
4. Challenges in Workforce Planning Amid Demographic and Enrollment Uncertainties

4.2 Theme 1: Challenges in Building a Unified Organizational Culture from Diverse Professional Backgrounds

The first major theme concerned the difficulty of creating a cohesive organizational culture from teachers who come from different professional backgrounds.

4.2.1 Diversity of Professional Backgrounds

A participant from School G (D001) reflected:

> *"Due to the school being newly established, 100% of teachers come from various schools within the district. Each staff member and teacher has formed their own habits, work styles, communication culture, and professional thinking from their previous environment. Therefore, in the initial period of the 2024-2025 school year, the Board of Directors faced many difficulties in building a common core value system and a unified school culture."*

4.2.2 Coordination Difficulties

A participant from School G (D001) observed:

> *"Coordination between professional groups has not been truly smooth; internal reporting and information processing procedures sometimes encounter problems due to insufficient time for collaboration to understand each other's personalities and working methods."*

4.2.3 Workforce Integration and Stabilization

A participant from School G (D002) reflected:

"The workforce from different generations has not yet been fully integrated. The Board of Directors faces challenges in assigning tasks based on professional competence while also considering generational factors."

4.3 Theme 2: Workforce Shortages and the Pressure of Multiple Role Responsibilities

The second major theme concerned workforce shortages and the pressure of multiple role responsibilities.

4.3.1 Teacher Shortages

A participant from School G (D002) reflected:

"The school currently faces a shortage of homeroom teachers across many grade levels. To ensure teaching activities, the school must hire contract teachers. This is a temporary solution that has increased financial pressure on the school, as salary payments and related benefits must be balanced from the limited budget or other legal revenue sources."

A participant from School G (D002) observed:

"Due to the pressure of workforce shortages and unreasonable structure, the school is forced to implement temporary solutions such as teachers taking on multiple positions while waiting for contracted teachers to be assigned to the school."

4.3.2 Multiple Role Responsibilities

A participant from School G (D002) reflected:

"Teachers must take on workloads exceeding standards, leading to risks of declining teaching quality, increased professional pressure, and reduced job satisfaction."

A participant from School G (D001) observed:

"Some teachers who are competent and proactive often receive multiple tasks. This creates both pressure and inconsistency in workload distribution."

4.3.3 Financial Pressures

A participant from School G (D002) reflected:

"Contract teacher salaries create financial pressure on the school, as salary payments and related benefits must be balanced from the limited budget or other legal revenue sources, while permanent staffing quotas have not yet been allocated."

4.4 Theme 3: Difficulties in Establishing Systematic Professional Development and Performance Assessment

The third major theme concerned difficulties in establishing systematic professional development and performance assessment practices.

4.4.1 Professional Development Needs

A participant from School G (D001) reflected:

> *"To improve educational quality and promote digital transformation, the school is implementing a digital student record system, the local education sector database, and the school's digital library. However, information technology application competence among teachers is not uniform. Older teachers struggle with learning management and digital library software, requiring administrators to spend significant time checking and monitoring."*

4.4.2 Mentoring and Support

A participant from School G (D001) observed:

> *"The Board of Directors must assign young, technology-proficient teachers to train and mentor older teachers so that all teachers can complete their shared responsibilities. This peer support model is essential but time-consuming."*

4.4.3 Limited Resources for Professional Development

A participant from School G (D001) reflected:

> *"The school is a public service unit, so salary, professional allowances, and seniority allowances are entirely dependent on state regulations. Funding for school-level competitions and experiential activities is limited, reducing the ability to create motivation for outstanding performance."*

4.5 Theme 4: Challenges in Workforce Planning Amid Demographic and Enrollment Uncertainties

The fourth major theme concerned challenges in workforce planning due to demographic and enrollment uncertainties.

4.5.1 Rapid Urbanization and Population Growth

A participant from School G (D002) reflected:

> *"School G is located in a rapidly growing urban area experiencing rapid urbanization, attracting many residents, leading to a rapid increase in school-age children."*

4.5.2 Enrollment Fluctuations

A participant from School G (D002) observed:

> *"The school leadership is often passive in forecasting the number of incoming first-grade students to plan teacher allocation. The process of requesting additional staffing quotas or recruiting teachers faces difficulties due to complex administrative*

procedures, causing delays. Currently, the school is short 16 teachers for the 2025-2026 academic year and has not yet received additional staffing quotas."

4.5.3 Administrative Complexities

A participant from School G (D002) reflected:

"The school cooperates closely with local authorities to monitor demographic changes, especially school-age children, to build accurate position-based staffing plans and proactively propose to supplement staffing or second teachers from other units before the new school year begins."

4.6 Cross-Case Integration

Across the two cases, several patterns emerged:

1. **Common Challenges:** Organizational culture building, workforce shortages, professional development challenges, and workforce planning difficulties were reported across both participants.
2. **Contextual Similarities:** Both participants work at the same newly established school, facing similar challenges.
3. **Workforce Composition:** The school has a diverse teaching staff drawn from multiple schools, creating integration challenges.
4. **Enrollment Pressures:** The school faces enrollment uncertainties due to rapid urbanization.
5. **Professional Development Needs:** The school faces challenges in supporting teacher professional development, particularly in digital transformation.

4.7 Summary of Findings

The findings identified four major themes related to workforce management challenges in newly established public schools:

1. **Challenges in Building a Unified Organizational Culture from Diverse Professional Backgrounds:** Diversity of professional backgrounds, coordination difficulties, and workforce integration challenges.
2. **Workforce Shortages and the Pressure of Multiple Role Responsibilities:** Teacher shortages, multiple role responsibilities, and financial pressures.
3. **Difficulties in Establishing Systematic Professional Development and Performance Assessment:** Professional development needs, mentoring and support, and limited resources.

4. **Challenges in Workforce Planning Amid Demographic and Enrollment Uncertainties:** Rapid urbanization, enrollment fluctuations, and administrative complexities.

4.8 Future Directions for MA Graduates in Addressing New School Workforce Challenges

The results of this study have significant implications for graduates of the Master's program in Educational Management. As future educational leaders, MA graduates are uniquely positioned to address workforce management challenges in newly established schools identified in this research. The participants emphasized that their MA studies have equipped them with theoretical knowledge and practical skills to develop strategic approaches for managing workforces in new institutional contexts while addressing organizational culture building, workforce shortages, professional development challenges, and workforce planning amid enrollment uncertainties. These strategies include deliberate organizational culture development, strategic workforce planning, differentiated professional development programs, peer support and mentoring systems, flexible staffing approaches, and proactive community partnership development. The participants identified several areas for future research, including comparative studies across newly established schools in different contexts, longitudinal studies tracking workforce stabilization processes over time, examination of specific strategies for organizational culture building, research on the effectiveness of peer support programs, and studies on workforce planning amid demographic uncertainties.

With an MA degree, they will contribute to policy advocacy for improved staffing allocation and support for new schools, capacity building through training and mentoring, research and innovation in new school workforce management, and leadership development that models effective change management in newly established institutional contexts. The participants reflected that the MA program has transformed their understanding of educational management, giving them confidence to lead effectively in newly established school environments while addressing the unique challenges of building organizational culture, stabilizing the workforce, and managing enrollment uncertainties. They concluded that effective workforce management in newly established schools requires strategic, comprehensive approaches that prioritize organizational culture development, systematic workforce planning, and supportive professional development practices, creating environments where teachers from diverse backgrounds can integrate successfully and contribute to institutional excellence.

5. DISCUSSION, IMPLICATIONS, LIMITATIONS, AND CONCLUSION

5.1 Introduction

This section discusses the findings in relation to previous research and theoretical perspectives.

5.2 Discussion of Major Findings

5.2.1 Organizational Culture Building

The first finding highlights the significant challenge of building a unified organizational culture from a diverse workforce. Teachers who come from different schools bring different work habits, professional philosophies, and organizational cultures. Creating a shared culture requires deliberate effort and time.

This outcome supports research on organizational culture (Schein, 2010) and extends it by demonstrating how these challenges manifest in newly established public schools in Vietnam. The integration of teachers from diverse backgrounds is a particular challenge in the Vietnamese context, where teacher transfers can bring together staff from multiple schools.

The finding also highlights that coordination difficulties arise when teachers have not had sufficient time to understand each other's working styles and personalities. This affects collaboration and information sharing within the school.

5.2.2 Workforce Shortages and Multiple Role Pressures

The second finding demonstrates that workforce shortages and multiple role pressures are significant challenges in newly established schools. Teacher allocation may not match enrollment needs, and teachers may be required to take on multiple roles.

This outcome aligns with research on workforce shortages in education (Nguyen Quoc Chi & Nguyen Thi My Loc, 2020) and extends it by demonstrating how these challenges manifest in newly established schools. The financial pressure of hiring contract teachers is a particular challenge in the Vietnamese context.

The finding also reveals that teachers who are competent and proactive often receive additional tasks, creating workload imbalance and potentially leading to burnout.

5.2.3 Professional Development and Performance Assessment

The third finding reveals that establishing systematic professional development and performance assessment practices is difficult in newly established schools. Schools may lack data, systems, and resources to support comprehensive professional development.

This finding aligns with research on professional development (Darling-Hammond et al., 2017) and extends it by demonstrating how newly established schools face particular challenges in

this area. The need for differentiated support for older teachers in digital transformation is a particular challenge.

The finding also highlights that limited resources for professional development and recognition reduce the ability to create motivation for outstanding performance.

5.2.4 Workforce Planning Amid Enrollment Uncertainties

The fourth finding demonstrates that workforce planning is complicated by enrollment uncertainties. Rapid urbanization and demographic changes make it difficult to predict enrollment numbers and allocate teaching staff accordingly.

This finding supports research on workforce planning (Armstrong & Taylor, 2023) and extends it by demonstrating how enrollment uncertainties in newly established schools create particular planning challenges.

The finding also reveals that complex administrative procedures and delays in staffing allocation create additional challenges for workforce planning.

5.3 Theoretical Implications

This study contributes several theoretical implications. *First*, it extends organizational culture theory by demonstrating the challenges of building a unified culture in newly established schools. *Second*, the study extends institutional theory by demonstrating how organizational age and stage of development shape workforce management challenges. *Third*, the study contributes to understanding of workforce planning amid enrollment uncertainties.

5.4 Practical Implications

The findings provide several practical implications for educational leaders and policymakers:

1. **Deliberate Culture Building:** Newly established schools should prioritize organizational culture building through clear articulation of values, consistent leadership modeling, and engagement of all staff in cultural development.
2. **Strategic Workforce Planning:** Schools should develop proactive workforce plans that anticipate enrollment needs and teacher shortages.
3. **Peer Support Programs:** Mentoring and peer support programs can support workforce integration and professional development.
4. **Differentiated Professional Development:** Professional development should address the diverse needs of teachers with different backgrounds and competence levels.
5. **Flexible Staffing Policies:** More flexible staffing policies can help newly established schools address workforce shortages more effectively.

5.5 Strategic Framework Based on the findings, this study proposes a strategic framework for workforce management in newly established schools:

Component 1: Organizational Culture Building

- Articulate and communicate shared values
- Model culture in leadership behavior
- Engage staff in cultural development
- Address cultural differences constructively

Component 2: Strategic Workforce Planning

- Anticipate enrollment needs
- Develop proactive recruitment and allocation strategies
- Build community partnerships for workforce support
- Advocate for flexible staffing policies

Component 3: Professional Development

- Assess needs of diverse workforce
- Provide differentiated professional development
- Implement peer support and mentoring programs
- Align professional development with institutional priorities

Component 4: Performance Assessment

- Develop clear performance criteria
- Provide regular feedback and support
- Link assessment to professional development
- Recognize and reward contributions

5.6 Limitations

Several limitations should be acknowledged. *Firstly,* the study involved only two participants from the same school, limiting generalizability. *Secondly*, the study relied on reflective reports that may be influenced by participants' selective memories and interpretations. *Thirdly,* the study did not include perspectives from other stakeholders such as teachers, students, or parents.

5.7 Recommendations for Future Research

Future research should consider: larger studies across more diverse newly established schools, mixed-method studies combining reflective data with surveys and interviews, longitudinal studies tracking workforce management processes over time, and research on the effectiveness of specific strategies and practices.

5.8 Conclusion

This study explored workforce management challenges in a newly established public primary school in Can Tho City, Vietnam, through reflective professional practice. The findings identified four major themes: challenges in building a unified organizational culture from diverse professional backgrounds, workforce shortages and the pressure of multiple role responsibilities, difficulties in establishing systematic professional development and performance assessment, and challenges in workforce planning amid demographic and enrollment uncertainties.

The paper demonstrates that newly established schools face significant workforce management challenges related to organizational culture building, workforce shortages, professional development, and workforce planning. Understanding these challenges is essential for developing effective workforce management strategies.

The research contributes to the literature by providing insights into the unique challenges of workforce management in newly established schools. It offers practical guidance for educational leaders and policymakers seeking to support the successful establishment and development of new schools. The findings highlight the importance of deliberate approaches to organizational culture building, strategic workforce planning, and professional development.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors sincerely thank the teaching staff of School of Education (SoE), Can Tho University (CTU), School of Foreign Languages (SFL), CTU, Vietnam, for their instruction in the MA program in Educational Management at CTU, Vietnam as well as for their valuable academic support, professional guidance, and encouragement throughout the development of this research. The authors also wish to acknowledge that the insights and observations presented in this paper were drawn from their professional experiences and reflective practices in newly established public school settings across Vietnam. Special appreciation goes to the administrators, teachers, and colleagues who provided valuable participation and contributions to this study on workforce management challenges in newly established public schools, particularly regarding organizational culture development, teacher integration, workforce stabilization, professional development, and workforce planning amid demographic uncertainties. The authors would also like to express their sincere gratitude to Ms. Thai Phan Bao Han for her careful proofreading and valuable assistance in improving the English language quality of this manuscript. Finally, the authors gratefully acknowledge *The 13th International Marmara Scientific Research and Innovation Congress, August 29–30, 2026* |

Istanbul, Türkiye, for providing an academic platform for the presentation and dissemination of this research.

REFERENCES

Armstrong, M., & Taylor, S. (2023). *Armstrong's handbook of human resource management practice* (16th ed.). Kogan Page.
Bo Giao duc va Dao tao. (2018). *Thong tu so 20/2018/TT-BGDDT ngay 22 thang 8 nam 2018 ban hanh Quy dinh chuan nghe nghiep giao vien co so giao duc pho thong*. Ha Noi.
Boxall, P., & Purcell, J. (2022). *Strategy and human resource management* (5th ed.). Bloomsbury Academic.
Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology, 3*(2), 77-101.
Bush, T. (2020). *Theories of educational leadership and management* (5th ed.). SAGE Publications.
Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute.
Dessler, G. (2020). *Human resource management* (16th ed.). Pearson.
Guskey, T. R. (2002). Professional development and teacher change. *Teachers and Teaching: Theory and Practice, 8*(3), 381-391.
Kotter, J. P. (1996). *Leading change*. Harvard Business School Press.
Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE Publications.
Nguyen Quoc Chi, & Nguyen Thi My Loc. (2020). *Dai cuong khoa hoc quan ly* (Tai ban). Nha xuat ban Dai hoc Quoc gia Ha Noi.
OECD. (2019). *TALIS 2018 results: Teachers and school leaders as lifelong learners*. OECD Publishing.
Schein, E. H. (2010). *Organizational culture and leadership* (4th ed.). Jossey-Bass.
Schon, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
Scott, W. R. (2014). *Institutions and organizations: Ideas, interests, and identities* (4th ed.). SAGE Publications.
Senge, P. M. (2006). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization* (2nd ed.). Crown Business.
Tran Duy Thai. (2025). Phat trien nang luc so cho giao vien dap ung yeu cau doi moi giao duc. *Tap chi Giao duc, 25*(2), 15-21.
Tran Kiem. (2020). *Quan ly giao duc va quan ly nha truong*. Nha xuat ban Dai hoc Su pham.
Tran Quoc Thanh, & Duong Hai Hung. (2015). *Quan ly nhan su trong giao duc*. Nha xuat ban Giao duc Viet Nam.
UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO Publishing.

THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON CRIMINOLOGICAL RESEARCH

PhD Roxana Mihaela Moisoiu
U.S.P.E.E. „C. Stere" Chișinău, Moldova
ID orcid 0009-0005-0515-0432
Prof.Colegiul German"Goethe"
București
România

UDC - 004.8:343.98:34
DOI: to be assigned
JEL 14

Abstract

Artificial intelligence (AI) is driving a significant transformation in traditional methods of investigating and analyzing criminological phenomena, offering new tools for identifying criminal patterns, analyzing vast datasets, and anticipating trends in the evolution of crime.

Integrating AI-based technologies into criminological research enables the rapid processing of diverse data sources, including crime statistics, socio-demographic information, geospatial data, digital sources, and online content. In this context, AI can contribute to the development of predictive and explanatory models capable of revealing correlations and risk factors that might be difficult to identify using conventional research methods.

This analysis aims to highlight how artificial intelligence influences criminological research methodology, focusing on predictive analysis, the identification of criminogenic factors, crime mapping, and the assessment of criminal risk. At the same time, it examines the limitations and risks associated with AI usage particularly regarding algorithmic bias, data quality and representativeness, privacy protection, the transparency of decision-making processes, and the potential to replicate existing social inequalities present in datasets.

A central aspect is the relationship between technological efficiency and the fundamental principles of scientific research. The use of AI should not lead to the replacement of criminological reasoning but rather to the enhancement of the researcher's ability to formulate hypotheses, identify complex relationships, and interpret the phenomenon of crime within an interdisciplinary framework.

In this regard, AI should be viewed as a complementary methodological tool, the effectiveness of which depends on data quality, model validation, and human oversight of the interpretation process.

The study argues that the development of an artificial intelligence-augmented criminology can contribute to a better understanding of crime dynamics and to the formulation

of more effective crime prevention public policies, provided that the principles of legality, proportionality, non-discrimination, transparency, and accountability are upheld.

Consequently, the future of criminological research will depend not only on algorithmic performance but also on the scientific community's ability to integrate technological innovation within a rigorous ethical, legal, and methodological framework.

Keywords: artificial intelligence, criminology, criminological research, crime, predictive analysis, big data, algorithms, algorithmic bias, crime prevention, public policy.

THE APPLICATION OF NANOPARTICLES AS A THERAPEUTIC AGENT

Ibrahim Samaila[1], Usman Samaila[2]
[1]Umaru Musa Yar'adua University, [2]Umaru Musa Yar'adua University,
[1]ORCID ID: 0009-0005-9665-2808 [2]ORCID ID: 0009-0005-3683-0625

Abstract

Nanoparticles (NPs), ranging from 1100 nm, have become transformative therapeutic agents due to their customizable physicochemical traits, ability to traverse biological barriers, and multifunctionality. Applications include targeted drug delivery, controlled release, theranostics, gene therapy, and immunomodulation. This review highlights recent advancements during 20232025, focusing on nanoparticle classes such as polymeric, lipid-based, metallic, and hybrid systems. It presents mechanisms of action and applications across cancer, neurodegenerative and cardiovascular disorders, and organ-targeted therapies. While offering significant advantagesimproved specificity, reduced toxicity, and enhanced bioavailabilitynanoparticle-based treatments face challenges in safety, scalability, and clinical translation. Future directions involve personalized smart nanoparticles, scalable manufacturing techniques, and theranostic platforms, promising to revolutionize therapeutic landscapes.

Keywords: Nanoparticles, Therapeutic agents, Nanomedicine, Drug delivery, Theranostics, Smart nanoparticles.

TUNING THE OPTICAL RESPONSE OF GRAPHONE BY MECHANICAL STRAIN: A DFT STUDY TOWARD PHOTOVOLTAIC AND OPTOELECTRONIC APPLICATIONS

Brahim Moustahssine[1], Rachid Masrour[1]*
[1] Laboratory of Solid Physics, Faculty of Sciences Dhar El Mahraz, Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Fez, Morocco
Corresponding author: rachidmasrour@hotmail.com

Abstract

This work investigates the effects of mechanical strain on the electronic and optical properties of graphone using density functional theory (DFT). The undeformed structure exhibits an indirect band gap of 4.21 eV. Under tensile strain (+30%), the band gap decreases to 0.96 eV, with the main absorption peak shifting from 13.05 eV to 2.33 eV, leading to a semiconductor-to-semimetal transition. Conversely, compressive strain (−30%) increases the band gap to 5.58 eV and shifts absorption toward the ultraviolet region. The absorption coefficient increases from 4.5×10^5 cm^{-1} to 5.9×10^5 cm^{-1}, while transmission decreases by ∼12%. These results demonstrate the potential of strain engineering for tuning graphone's optoelectronic properties.

Keywords: Density functional theory (DFT); Graphone; Strain engineering; Optical properties; Two-dimensional semiconductor; Photovoltaics; Optoelectronics.

I. Introdcution

Modern nanotechnology requires low-dimensional, high-performance semiconductors to meet the increasing demand for applications in nanoelectronics, optoelectronics, and photovoltaics, as well as in energy storage and conversion, telecommunications, lasers, and strain-tunable field-effect devices [1–10]. However, the growing demand for such semiconductors is hindered by the challenges of miniaturization and reduced carrier mobility at the nanoscale, which limit the development of field-effect transistor technologies [11–13]. These challenges have encouraged the scientific community to explore novel semiconductor materials capable of forming nanostructures with advanced properties. In this context, the isolation of graphene, the first two-dimensional crystal, by Andre Geim and Konstantin Novoselov in 2004 represented a major milestone in the search for new nanomaterials. This breakthrough initiated a scientific revolution in the field of two-dimensional materials and paved the way for extensive research into their remarkable electronic and optical properties. Wide-bandgap two-dimensional materials have attracted considerable attention because of their tunable optoelectronic properties and mechanical flexibility. These characteristics make them promising candidates for complementing or replacing conventional semiconductor materials in a wide range of applications, including flexible electronics, integrated photonics, photovoltaic devices,

optoelectronics, and next-generation optical sensors [14,15]. Moreover, the electronic, optical, and mechanical properties of wide-bandgap semiconductors can be effectively tuned through different approaches, including mechanical strain, external electric fields, and defect engineering [16,17].

A detailed understanding of the strain-dependent behavior of wide-bandgap two-dimensional organic semiconductors is essential for controlling and optimizing their electronic and optical properties. In particular, investigating the interaction between electromagnetic radiation and mechanically deformed materials provides valuable insight into light–matter interactions at the nanoscale. Previous density functional theory (DFT) studies have demonstrated that both uniaxial and biaxial strain can significantly modify the electronic structure and optical response of semiconductors, including inorganic two-dimensional (2D) materials and organic systems [18,19]. For instance, an inorganic 2D material with an initial band gap of approximately 2.10 eV exhibits a decrease in the band gap to around 1.85 eV under 5% biaxial compression, whereas 8% tensile strain increases it to approximately 2.35 eV [20]. These changes are also accompanied by significant shifts in the optical spectra, with compressive strain inducing a blue shift toward higher energies.

The present work is situated within this context and focuses on the optical properties of graphone in its “boat” conformation, a two-dimensional hydrocarbon structure previously investigated by Sofo et al. [21]. By applying controlled mechanical strain, we explore the possibility of manipulating light–matter interactions at the nanoscale. The influence of mechanical deformation on the electronic and optical properties of graphone is investigated using density functional theory (DFT). In particular, the absorption coefficient $\alpha(\omega)$, transmission coefficient $T(\omega)$, and dielectric function $\varepsilon(\omega)$ are calculated along the three crystallographic directions in order to characterize the optical anisotropy of this configuration. The results reveal a strong relationship between the applied strain and the evolution of the band gap, including the presence of a critical deformation beyond which the band gap closes and the material undergoes a semiconductor-to-semimetal transition. This behavior highlights the strong coupling between mechanical strain and the optoelectronic response of graphone. Such strain-dependent optical behavior, often referred to as “straintronic optics” [22], provides a promising theoretical approach for controlling and engineering the optoelectronic properties of low-dimensional materials. The remainder of this paper is organized as follows. First, the relevant state of the art is briefly reviewed. The theoretical framework and computational methodology are then presented. Subsequently, the effects of mechanical strain on the

electronic and optical properties are discussed in detail. Finally, the main findings are summarized, along with potential perspectives for future research.

II. Computational methods

The density functional theory (DFT) calculations were performed using a plane-wave basis set within the projector augmented-wave (PAW) method, together with the generalized gradient approximation (GGA) and the Perdew–Burke–Ernzerhof (PBE) functional [23–24], as implemented in the Quantum ESPRESSO (QE) package [38]. Structural optimization was carried out using the BFGS algorithm. The calculations were performed in reciprocal space within the first Brillouin zone using a 30 × 30 × 1 k-point grid. A kinetic energy cutoff of 500 eV was employed for the plane-wave expansion, and the total energy convergence criterion was set to 10^{-8} eV. Structural relaxation was continued until the Hellmann–Feynman forces were reduced below 10^{-7} eV/Å. Brillouin-zone integrations were performed using the Monkhorst–Pack scheme [25] with a 40 × 40 × 1 Γ-centered k-point mesh. To minimize artificial interactions between periodic images, a vacuum layer of 20 Å was introduced along the out-of-plane direction.

The frequency-dependent dielectric function is expressed as

$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_1(\omega) + i\varepsilon_2(\omega)$,

where $\varepsilon_1(\omega)$ and $\varepsilon_2(\omega)$ represent the real and imaginary parts of the dielectric function, respectively. The real part is mainly associated with the dispersive response of the material, whereas the imaginary part is related to optical absorption.

The imaginary part of the dielectric tensor is calculated according to

$$\varepsilon_2^{\alpha\beta}(\omega) = (4\pi^2 e^2/\Omega)\sum_k w_k \sum_{cv}\langle\psi_c^k|\hat{p}^\alpha|\psi_v^k\rangle\langle\psi_v^k|\hat{p}^\beta|\psi_c^k\rangle\, \delta(E_{ck} - E_{vk} - \hbar\omega) \quad (1)$$

The real part is obtained from the imaginary part through the Kramers–Kronig relation:

$$\varepsilon_1^{\alpha\beta}(\omega) = 1 + (2/\pi)\, \mathcal{P} \int_0^\infty [\omega' \varepsilon_2^{\alpha\beta}(\omega')/(\omega'^2 - \omega^2)]\, d\omega'. \quad (2)$$

Here, α and β denote the Cartesian directions x, y, and z, while v and c represent the valence and conduction bands, respectively. The vector k denotes a point in the first Brillouin zone, and w_k is the corresponding k-point weight. The symbol $\mathcal{P}$ denotes the Cauchy principal value. The absorption coefficient α(ω) is then determined from the dielectric function as

$$\alpha(\omega) = (2\omega/c)\sqrt{\{[\sqrt{(\varepsilon_1^2(\omega) + \varepsilon_2^2(\omega))} - \varepsilon_1(\omega)]/2\}}. \quad (3)$$

where c is the speed of light in vacuum.

III. Result and discussions

1. Analysis of the Density of States under Uniaxial Strain

Figure 1. presents the total and projected density of states (DOS) of graphone under uniaxial compressive and tensile strains of −10%, −15%, +10%, and +15%. The projected contributions of C(s), H(s), and C(p) states are considered, with the Fermi level set to 0 eV. The results show that mechanical deformation significantly modifies the electronic structure, particularly the distribution and intensity of the electronic states around the band edges.

Under uniaxial compressive strain, the band gap is found to be 5.36 eV at −10% and decreases slightly to 5.15 eV at −15%. Despite this reduction, the system remains clearly semiconducting. The DOS remains negligible around the Fermi level, confirming the persistence of an energy gap. Several pronounced peaks appear on both sides of the Fermi level, indicating the presence of well-defined electronic states in the valence and conduction bands. The projected DOS further shows that the electronic states are mainly associated with the C(s), H(s), and C(p) orbitals, with the C(p) contribution becoming particularly important in several energy regions. In contrast, tensile strain produces a stronger modification of the electronic structure. For +10% dilation, the band gap decreases to 3.36 eV, while at +15% it reaches 3.20 eV. This reduction indicates that tensile deformation brings the valence- and conduction-band states closer together. The DOS also becomes considerably more structured, with numerous pronounced peaks appearing on both sides of the Fermi level. These changes suggest that tensile strain has a stronger influence on the electronic states than the compressive deformation considered here. A comparison between the two types of deformation reveals an important asymmetry in the strain response. Increasing compression from −10% to −15% produces only a moderate change in the band gap, from 5.36 to 5.15 eV. In contrast, tensile deformation leads to substantially smaller band gaps, from 3.36 eV at +10% to 3.20 eV at +15%. Thus, the electronic structure of graphone is more strongly affected by tensile strain in terms of band-gap reduction. This behavior can be attributed to strain-induced modifications of the interatomic distances and orbital interactions, which alter the energetic positions and hybridization of the electronic states.

The projected DOS also reveals significant orbital contributions to the electronic structure. The C(p) states provide important contributions over a broad energy range, particularly near several prominent peaks, while the C(s) and H(s) states contribute differently depending on the energy region. The changes in the relative intensity of these contributions with strain indicate that

mechanical deformation modifies the orbital hybridization and, consequently, the electronic structure of graphone.

Overall, the DOS results demonstrate that uniaxial strain is an effective tool for tuning the electronic properties of graphone. Compressive strain maintains a relatively large band gap, whereas tensile strain produces a more pronounced reduction in the gap and significantly modifies the distribution of electronic states. These results are consistent with the strain-dependent optical behavior observed from the dielectric function, absorption coefficient, and transmission spectra, confirming the strong coupling between mechanical deformation, electronic structure, and optical response.

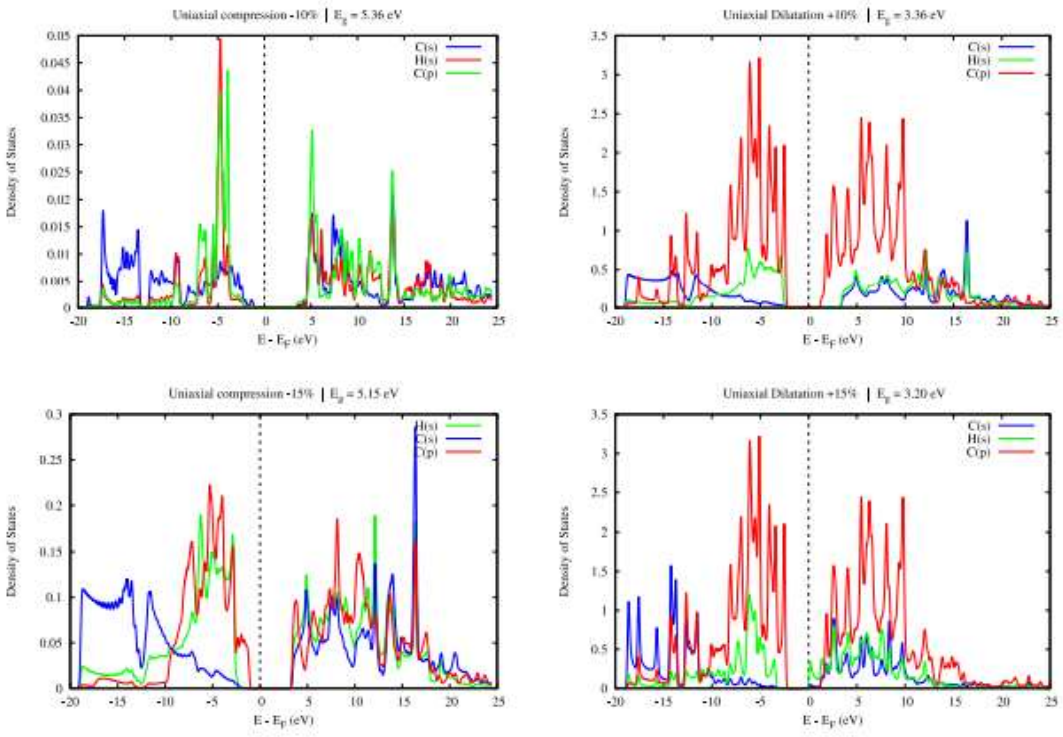


Figure 1. Total and projected density of states (DOS) of graphone under uniaxial compressive strains of −10% and −15% and tensile strains of +10% and +15%. The contributions of C(s), H(s), and C(p) states are shown, with the Fermi level set to 0 eV. The corresponding band gaps are indicated in each panel.

2. *Dielectric Function Under Tensile Strain*

Figure 2. presents the real and imaginary parts of the dielectric function, **$\varepsilon_1(\omega)$** and **$\varepsilon_2(\omega)$**, of graphone in the boat configuration under tensile strains of **+15% and +30%**. The results clearly show that mechanical strain strongly modifies the frequency-dependent dielectric response and induces a pronounced optical anisotropy. The three tensor components, **ε_{xx}, ε_{yy}, and ε_{zz}**, exhibit different spectral behaviors, indicating that the optical response depends

strongly on the crystallographic direction and, consequently, on the polarization of the incident electromagnetic radiation.

For the real part, $\varepsilon_1(\omega)$, significant variations are observed mainly in the low-energy region. At **+15% strain**, the ε_{xx} component exhibits a pronounced positive peak at low energy, followed by a strong decrease and the appearance of negative values. The $\varepsilon_{\gamma\gamma}$ and ε_{zz} components also display several peaks and minima over the energy range considered, although with different amplitudes and spectral positions. When the tensile strain is increased to **+30%**, the overall spectral behavior remains anisotropic, but noticeable changes occur in the intensity and position of the main features. These modifications indicate that increasing tensile strain alters the electronic polarization and the dispersive response of graphone.

The imaginary part, $\varepsilon_2(\omega)$, provides further information about the optical transitions and absorption processes. At **+15%**, pronounced peaks are observed at low energies, particularly in the ε_{xx} component, together with additional structures at intermediate and higher energies. Increasing the strain to **+30%** modifies both the intensity and distribution of these peaks. In particular, the $\varepsilon_{\gamma\gamma}$ component exhibits a pronounced response in the region around **9–10 eV**, whereas the other components show their strongest contributions at different energies. The distinct spectral features observed for ε_{xx}, $\varepsilon_{\gamma\gamma}$, **and** ε_{zz} confirm the strong anisotropic character of the optical transitions.

A direct comparison between **+15% and +30% tensile strain** shows that mechanical deformation does not simply increase or decrease the dielectric response uniformly. Instead, it changes the spectral distribution of the dielectric function by modifying the position and intensity of the optical features. This behavior can be attributed to the strain-induced modification of the electronic structure and the corresponding changes in the allowed interband transitions. The evolution of $\varepsilon_2(\omega)$, in particular, is consistent with a strain-induced modification of the absorption spectrum and supports the possibility of controlling the optical response through mechanical deformation.

Overall, the results demonstrate that tensile strain provides an effective means of tuning both the dispersive and absorptive components of the dielectric function. The pronounced differences between ε_{xx}, $\varepsilon_{\gamma\gamma}$, **and** ε_{zz} also highlight the importance of considering the polarization direction when evaluating the optical properties of graphone. The comparison between **+15% and +30%** therefore confirms that strain engineering can be used to control the anisotropic optical response of graphone over a broad energy range.

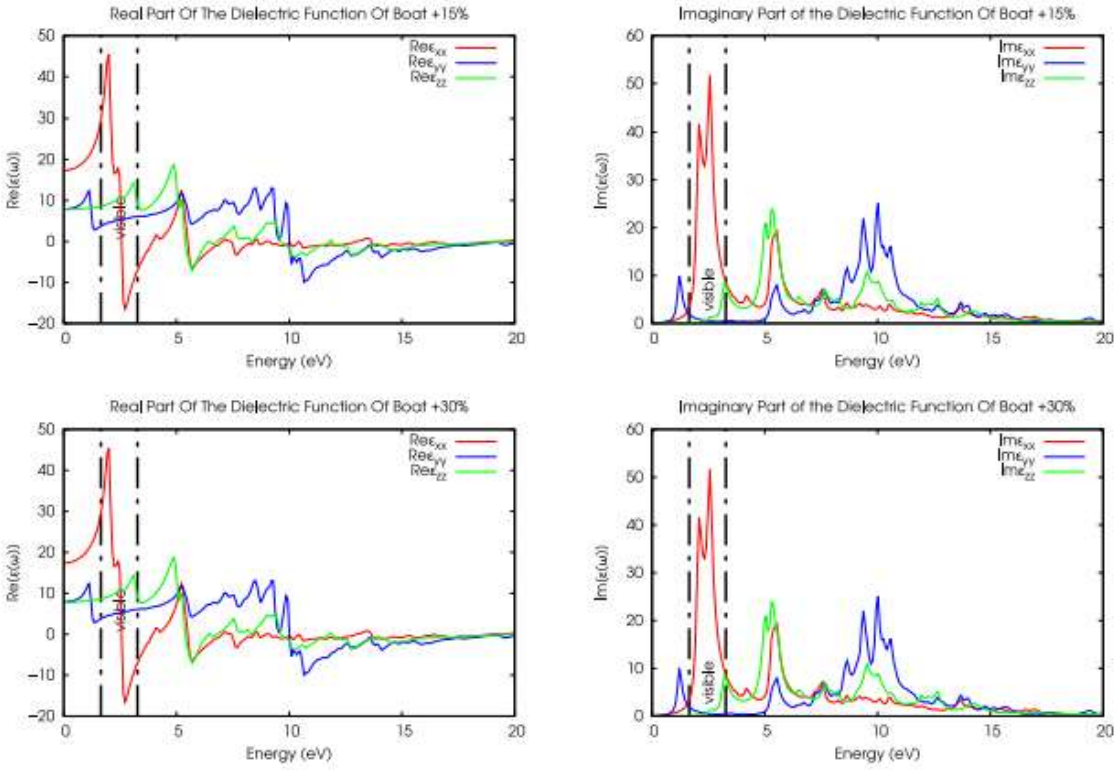


Figure 2. Real and imaginary parts of the dielectric function, $\varepsilon_1(\omega)$ and $\varepsilon_2(\omega)$, of graphone under tensile strains of **+15% and +30%** along the three crystallographic directions, x, y, and z, represented by the tensor components ε_{xx}, $\varepsilon_{\gamma\gamma}$, **and** ε_{zz}.

3. Analysis of the Absorption and Transmission Coefficients under Tensile Strain

Figure 3 presents the absorption coefficient, α(ω), and the transmission coefficient, T(ω), of graphone in the boat configuration under tensile strains of +15% and +30%, considering the three crystallographic directions. The absorption spectra exhibit a pronounced dependence on the polarization direction, confirming the anisotropic optical response observed in the dielectric function. The three components, α_{xx}, $\alpha_{\gamma\gamma}$, and α_{zz}, show distinct spectral features, with different peak positions and intensities over the investigated energy range. For the absorption coefficient, the response is relatively weak at very low energies and increases progressively with increasing photon energy. Several pronounced absorption peaks appear in the intermediate-energy region, indicating the occurrence of allowed electronic transitions. In particular, strong structures are observed around 5–6 eV, followed by a more pronounced absorption response above approximately 10 eV. The $\alpha_{\gamma\gamma}$ component generally exhibits the highest absorption intensity in the higher-energy region, reaching values close to 75–80 in the plotted scale, whereas α_{xx} shows a comparatively weaker response. The α_{zz} component presents an intermediate behavior with several pronounced peaks. These differences between

the three directions demonstrate that the absorption of graphone strongly depends on the direction of the electric field relative to the crystal axes.

The shaded regions indicate that the optical response extends from the infrared and visible ranges toward the ultraviolet region. Although the absorption is relatively limited at the lowest energies, the presence of finite absorption features in the lower-energy range indicates that electronic transitions contribute to the optical response across the investigated spectral range. The strong absorption structures observed at higher photon energies are mainly associated with interband electronic transitions and reflect the modification of the electronic structure under mechanical deformation.

The transmission coefficient, T(ω), exhibits an inverse tendency with respect to the absorption response. The transmission remains very high, close to 1, over most of the investigated spectral range, indicating that graphone is highly transparent over significant portions of the spectrum. Nevertheless, several pronounced decreases in transmission are observed at specific photon energies. These minima generally correspond to regions where the absorption coefficient presents noticeable peaks, confirming the relationship between absorption and transmission. The most significant transmission variations occur in the intermediate- and higher-energy regions, where the optical absorption becomes more pronounced. A comparison between +15% and +30% tensile strain shows that the general shapes of both α(ω) and T(ω) remain relatively similar. The main absorption peaks occur at approximately the same energy positions, while moderate changes in their intensities can be observed. This indicates that, for the two strain values considered, mechanical deformation does not drastically modify the overall spectral distribution of the absorption and transmission coefficients. Instead, the main effect appears as a modulation of the intensity of selected optical transitions. The comparison between the three polarization directions is therefore more pronounced than the difference between +15% and +30% strain. This observation is consistent with the anisotropic behavior of the dielectric function and confirms that the optical properties of graphone depend not only on the magnitude of the applied mechanical strain but also on the direction of the electromagnetic field. Overall, these results demonstrate that graphone exhibits a strongly anisotropic optical response, with significant differences among α_{xx}, $\alpha_{\gamma\gamma}$, and α_{zz}. The absorption coefficient increases markedly at higher photon energies, while the transmission remains close to unity over a large part of the investigated spectrum. The correspondence between absorption maxima and transmission minima confirms the consistency of the calculated optical properties. The relatively similar spectra obtained for +15% and +30%

indicate that tensile strain mainly modifies the intensity of the optical transitions rather than completely changing their spectral distribution. These characteristics highlight the potential of graphone for applications requiring directional optical response and strain-dependent optical modulation.

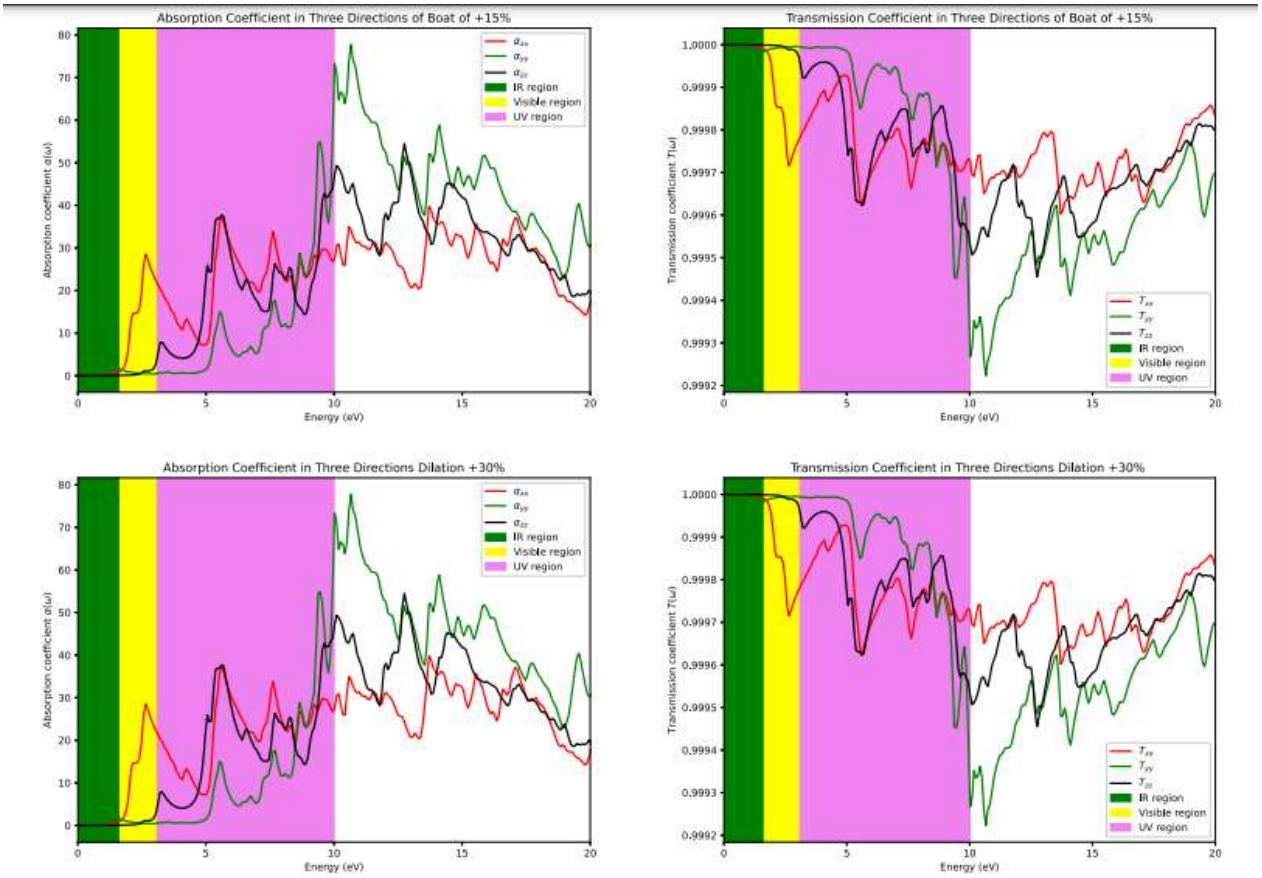


Figure 3. Absorption coefficient α(ω) and transmission coefficient T(ω) of graphone in the boat configuration under tensile strains of +15% and +30%, calculated along the three crystallographic directions x, y, and z. The shaded areas indicate the infrared, visible, and ultraviolet spectral regions.

Conclusion

In conclusion, density functional theory (DFT) was employed to investigate the electronic and optical properties of graphone under mechanical strain. The dielectric function ε(ω), absorption coefficient α(ω), and transmission coefficient T(ω) were evaluated across the infrared, visible, and ultraviolet regions. The results reveal a strong dependence of the band gap and optical response on both the magnitude and direction of the applied strain. Tensile strain induces a shift of the absorption spectrum toward the visible region, while mechanical deformation also produces pronounced optical anisotropy. These findings highlight strain engineering as an effective strategy for tuning visible-light absorption in graphone for potential photovoltaic and optoelectronic applications.

References

[1] J. Smith, et al., "Advances in organic nanomaterials for optoelectronic devices," *Advanced Materials*, vol. 31, 2019, 1808247.
[2] K. Lee, et al., "Organic semiconductors in nanoelectronics: A comprehensive review," *Chemical Reviews*, vol. 120, no. 3, 2020, pp. 1237–1286.
[3] Y. Zhang, et al., "Photovoltaic applications of organic nanomaterials: Recent advances," *Journal of Materials Chemistry A*, vol. 9, 2021, pp. 5678–5692.
[4] X. Li, "Study on scaling limitations in semiconductor devices," *Journal of Applied Physics*, vol. 123, 2018, 045101.
[5] L. Chen, et al., "Recent advances in nanostructured materials for energy storage and conversion," *Nano Energy*, vol. 98, 2022, 107266.
[6] S. Kumar, et al., "Nanomaterials for high-efficiency energy conversion devices," *Advanced Energy Materials*, vol. 13, no. 5, 2023, 2202954.
[7] J. Liang, et al., "Nanomaterials for advanced telecommunications applications," *Optics Express*, vol. 30, no. 12, 2022, pp. 21567–21582.
[8] M. Garcia, et al., "Recent developments in nanostructured laser materials," *Laser & Photonics Reviews*, vol. 17, no. 3, 2023, 2200456.
[9] N. A. Zimbovskaya, "Straintronics: A new direction in spintronics," *Physics Reports*, vol. 726, 2018, pp. 1–38.
[10] R. Roldán, A. Castellanos-Gomez, E. Cappelluti, and F. Guinea, "Strain engineering in semiconducting two-dimensional crystals," *Journal of Physics: Condensed Matter*, vol. 27, 2015, 313201.
[11] Z. Li, Y. Zhang, L. He, et al., "Challenges and opportunities for semiconductors beyond CMOS," *Advanced Electronic Materials*, vol. 4, no. 10, 2018, 1800307.
[12] R. G. Pala, M. I. Boybay, E. S. Warmann, and D. M. Larson, "Short channel effects in scaled MOSFET devices," *Microelectronic Engineering*, vol. 86, no. 7–9, 2009, pp. 1636–1640.
[13] A. Brown, et al., "Wide bandgap organic semiconductors for optoelectronic applications," *Advanced Functional Materials*, vol. 29, no. 15, 2019, 1807845.
[14] M. Taylor, et al., "Mechanical flexibility and electronic properties of 2D wide bandgap organics," *The Journal of Physical Chemistry C*, vol. 124, no. 3, 2020, pp. 1825–1834.
[15] R. Martinez, et al., "Emerging wide bandgap organic semiconductors for flexible photovoltaics," *ACS Applied Materials & Interfaces*, vol. 13, no. 4, 2021, pp. 4625–4634.
[16] D. Johnson, et al., "Tuning electronic and optical properties of wide bandgap semiconductors via physical stimuli," *Physical Review Materials*, vol. 4, no. 7, 2020, 073601.
[17] R. Patel, et al., "Mechanical and electrical modulation of wide bandgap semiconductor properties," *Applied Physics Letters*, vol. 118, no. 12, 2021, 123502.
[18] V. M. Pereira, A. H. Castro Neto, and N. M. R. Peres, "Tight-binding approach to uniaxial strain in graphene," *Physical Review B*, vol. 80, no. 4, 2009, 045401.
[19] H. J. Conley, B. Wang, J. I. Ziegler, R. F. Haglund, S. T. Pantelides, and K. I. Bolotin, "Bandgap engineering of strained monolayer and bilayer MoS_2," *Nano Letters*, vol. 13, no. 8, 2013, pp. 3626–3630.
[20] G. Wang, A. Chernikov, M. Glazov, T. Heinz, X. Marie, T. Amand, and B. Urbaszek, "Colloquium: Excitons in atomically thin transition metal dichalcogenides," *Reviews of Modern Physics*, vol. 90, no. 2, 2018, 021001.
[21] A. Chernikov, T. C. Berkelbach, H. M. Hill, A. Rigosi, Y. Li, O. B. Aslan, D. R. Reichman, M. S. Hybertsen, and T. F. Heinz, "Exciton binding energy and nonhydrogenic Rydberg series in monolayer WS_2," *Physical Review Letters*, vol. 113, no. 7, 2014, 076802.
[22] **Moustahssine, B., & Masrour, R**. (2026). *DFT study of strain-induced optical shift in graphone, a 2D wide-bandgap semiconductor: Perspectives for photovoltaic and optoelectronic applications*. *Journal of Physics and Chemistry of Solids, 209*, 113251. https://doi.org/10.1016/j.jpcs.2025.113251
[23] P. Hohenberg, W. Kohn, Inhomogeneous electron gas, Phys. Rev. 136 (1964) B864–B871.
[24] P. Giannozzi, S. Baroni, N. Bonini, et al., QUANTUM ESPRESSO: a modular

and open-source software project for quantum simulations of materials, J. Phys.: Condens. Matter. 21 (2009) 395502.
[25] H.J. Monkhorst, J.D. Pack, Special points for Brillouin-zone integrations, Phys. Rev. B 13 (1976) 5188.

STUDY OF THE STRUCTURAL, ELECTRONIC, OPTICAL, AND MAGNETIC PROPERTIES OF GDCRWO$_6$ DOUBLE PEROVSKITE USING FIRST-PRINCIPLES CALCULATIONS

Y. El-Harrar[1], R. Masrour[1]
[1]Laboratory of Solid Physics, Faculty of Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, BP 1796, Fez, Morocco

Abstract

In this work, the structural, electronic, magnetic, and optical properties of the double perovskite oxide $GdCrWO_6$ were systematically investigated using first-principles calculations based on density functional theory (DFT). The calculations were performed within the full-potential linearized augmented plane-wave (FP-LAPW) method employing both the generalized gradient approximation (GGA-PBE) and the Tran–Blaha modified Becke–Johnson (TB-mBJ) exchange potential to achieve an improved description of the electronic structure. $GdCrWO_6$ crystallizes in a non-centrosymmetric orthorhombic structure with space group $Pna2_1$, characterized by the ordered distribution of Cr^{3+} and W^{6+} cations. Total-energy calculations reveal that the antiferromagnetic configuration represents the magnetic ground state of the compound. The electronic band structure calculated with the TB-mBJ functional indicates a semiconducting behavior with an indirect band gap of approximately 1.251 eV. The magnetic moments associated with the Gd and Cr atoms were analyzed and compared within both exchange-correlation approximations. Furthermore, the frequency-dependent optical response was evaluated through the real and imaginary parts of the dielectric function, refractive index, absorption coefficient, reflectivity, energy-loss function, and optical conductivity. The obtained optical spectra reveal a pronounced absorption in the ultraviolet region, highlighting the potential of $GdCrWO_6$ for future optoelectronic and UV-photonic applications.

MONTE CARLO INVESTIGATION OF THE MAGNETOCALORIC EFFECT AND MAGNETIC PROPERTIES OF A MIXED-SPIN (S=3/2, Σ=3) NANO-GRAPHENE BILAYER WITH RKKY INTERACTIONS

M. Jerrari*, R. Masrour
Laboratory of Solid Physics, Faculty of Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, BP 1796, Fes, Morocco
**Corresponding author: em.jerrari@gmail.com*

Abstract

In this study, we utilized Monte Carlo simulations that explain the magnetic properties and magnetocaloric effect of a nano-graphene bilayer separated by nonmagnetic layers with mixed spin 3/2 and 3 for RKKY (Ruderman-Kittel-Kasuya-Yosida) exchange coupling. Influence of the numbers of non-magnetic layers (NM) on the critical temperature reduction. The effect of the parameter NM, the reduced exchange interactions (S-S), (σ-σ), and the reduced crystal field on the total magnetizations and the established hysteresis loops are investigated. Specific heat, Specific heat change, and magnetic entropy variation proportion the reduced temperature for varying the reduced externally applied magnetic field ($h/J_{s\sigma}$). Lastly, we evaluated the relative cooling power for various values $h/J_{s\sigma}$.

COMBINED DFT+U AND MONTE CARLO STUDY OF THE MAGNETIC PROPERTIES OF $GD_2ZR_2O_7$ PYROCHLORE

S. Belhamra[1] , R Masrour[1]
[1] *Laboratory of Solid Physics, Faculty of Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, BP 1796, Fez, Morocco*

Abstract

Pyrochlore oxides have attracted considerable attention because of their distinctive structural, electronic, and magnetic properties, together with their potential use in magnetic refrigeration. In this work, the electronic, magnetic, and magnetocaloric properties of $Gd_2Zr_2O_7$ are investigated through a combined DFT+U and Monte Carlo approach.

First-principles calculations were carried out using the full-potential linearized augmented-plane-wave method within the GGA-PBE approximation. These calculations were employed to optimize the structural parameters and determine the electronic structure and magnetic exchange interactions, with the latter extracted using the TB2J code. The results identify the antiferromagnetic configuration as the most energetically stable magnetic state. The calculated band structure indicates insulating behavior, with a direct band gap of approximately 3.1 eV. The electronic states near the band edges are mainly associated with Gd-4f orbitals and their hybridization with O-2p and Zr-4d states.

The calculated exchange parameters were subsequently incorporated into a three-dimensional Ising model and investigated using Monte Carlo simulations based on the Metropolis algorithm. The simulations reveal an antiferromagnetic phase transition at a Néel temperature of approximately 3.2 K. Under an applied magnetic field of 2 T, the maximum magnetic entropy change reaches about 3.93 $J\,kg^{-1}\,K^{-1}$, while the relative cooling power is estimated to be 19.3 $J\,kg^{-1}$. These findings suggest that $Gd_2Zr_2O_7$ is a promising candidate for magnetic refrigeration at cryogenic temperatures.

MAGNETOCALORIC EFFECT, STRUCTURAL, MAGNETIC AND ELECTRONIC PROPERTIES OF HIGH-ENTROPY ALLOYS ALCO$_x$CR$_{1-x}$FENI: FIRST-PRINCIPLES CALCULATIONS AND MONTE CARLO SIMULATIONS

A. Abjaou*, **R. Masrour***
*Laboratory of Solid Physics
Faculty of Sciences Dhar El Mahraz
Sidi Mohamed Ben Abdellah University

ABSTRACT

The magnetocaloric effect, electronic structure and magnetic properties of High Entropy Alloys $AlCo_xCr_{1-x}FeNi$ $(0 \leq x \leq 1)$ were calculated using the Monte Carlo simulation, the Korringa Kohn–Rostoker method combined with the coherent potential approximation (KKR-CPA), method of linear augmented plane wave (FPLAPW) within generalized gradient approximation (GGA) and modeled Becke–Johnson potential (TB-mBJ). Density of states of $AlCo_xCr_{1-x}FeNi$ $(0 \leq x \leq 1)$are studied and analyzed. The total magnetic moments of magnetic atoms were calculated and compared with theoretical and experimental results. On the other side, the magnetocaloric effect in $AlCo_xCr_{1-x}FeNi$ $(0 \leq x \leq 1)$was studied by first-principal calculations (FPCs) and Monte Carlo simulations. The magnetic phase transition temperature is estimated. The Curie temperature and exchange integrals were found to decrease with Co substitution. The magnetic entropy changes and relative cooling power are found.

Keywords : High entropy alloys; Monte Carlo simulation; electronic structure; KKR-CPA and FPLAPW; magnetic entropy change and RCP.

FIRST PRINCIPLES STUDY OF THE ACTIVATION ENERGY AND DIFFUSION COEFFICIENT OF SODIUM-SUBSTITUTED LITHIUM SITES IN THE IRON-BASED OLIVINE CATHODE MATERIAL

I. Khouakhi[1], R. Masrour[*,1], L. Xu[2,3], A. Rezzouk[1]
[1]Laboratory of Solid Physics, Faculty of Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, BP 1796, Fez, Morocco
[2]Wuhan National Laboratory for Optoelectronics, Wenzhou Advanced Manufacturing Institute, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430074, P.R. China.
[3]Wenzhou Advanced Manufacturing Institute, Huazhong University of Science and Technology, Wenzhou, 325035, P.R. China

Abstract:

A study utilizing density functional theory was conducted on the activation energy and diffusion coefficient of Sodium-substituted Lithium sites in the iron-based olivine cathode material. $Na_xLi_{1-x}LiFePo_4$ $(x = 0, 0.25, 0.5)$ materials are studied and the effect of Na-substituted Li sites in $LiFePO_4$ cathode materials is investigated. The diffusion coefficients of Li^+ in $Na_xLi_{1-x}LiFePo_4$ $(x = 0, 0.25, 0.5)$ is around $10^{-14}\,cm^2/s$, while the diffusion coefficients of Na^+in $Na_xLi_{1-x}LiFePo_4$ $(x = 0.25, 0.5)$ is around $10^{-27}cm^2/s$. The activation energy, diffusion coefficient of lithium ions in the (100) direction and the band gap were reduced in the $Na_{0.5}Li_{0.5}LiFePo_4$ material, which improved the lithium-ion diffusion coefficient and electronic conductivity. Conversely, the sodium ion exhibited a strong interaction with the $FePO_4$ host material, which resulted in a low kinetics performance of this element.

Keywords: Activation energy; Diffusion coefficient; $LiFePO_4$ cathode.

CSPBI$_2$BR PEROVSKITE: A SUITABLE MATERIAL FOR HIGH-EFFICIENCY SOLAR CELLS AND ADAPTIVE PHOTOCATALYTIC WATER-SPLITTING

M. Kmichou[1], R. Masrour[1,*]
[1]Laboratory of Solid Physics, Faculty of Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, BP 1796, Fez, Morocco

Abstract
The optoelectronic, photovoltaic, and photocatalytic properties of $CsPbI_2Br$ were examined in this work using density functional theory. The findings show that the $CsPbI_2Br$ has a direct bandgap of 1.92 eV and is a p-type semiconductor. It is an excellent option for optoelectronic integration because of its stronger optical conductivity and larger absorption coefficient, which improve visible light harvesting. The solar industry benefits from $CsPbI_2Br$ because of its short-circuit current of 19.67 $mA.cm^{-2}$ and external quantum efficiency. It also satisfies the thermodynamic conditions for water-splitting, demonstrating strong photocatalytic potential and creating new ways for further study on renewable energy.

MEDICATION ADHERENCE AMONG PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES: FINDINGS FROM A MULTICENTER STUDY IN MOROCCO

MARYEM ARRAJI
Higher Institute of Health Sciences, Laboratory of Sciences and Health Technologies, Hassan First University of Settat, Settat 26000, Morocco

Abstract

Background: Medication adherence is a cornerstone of effective type 2 diabetes (T2DM) management. However, poor adherence remains a major challenge, particularly in low- and middle-income countries, where socioeconomic and healthcare-related barriers may compromise treatment outcomes. This study aimed to assess medication adherence and identify its associated factors among Moroccan patients with T2DM.

Methods: A multicenter cross-sectional study was conducted between February and June 2024 in primary healthcare facilities across the Casablanca-Settat and Rabat-Salé-Kénitra regions of Morocco. A total of 584 adults with confirmed T2DM participated in the study. Medication adherence was assessed using the Moroccan Arabic version of the General Medication Adherence Scale (GMAS). Sociodemographic, clinical, and treatment-related variables were collected through face-to-face interviews. Logistic regression analyses were performed to determine factors independently associated with adherence.

Results: Overall, 96.2% of participants were classified as adherent to their prescribed medications. High adherence was observed in 89.4% of patients, while 7.2% demonstrated good adherence and 3.4% partial adherence. Multivariate analysis showed that treatment with two or more oral antidiabetic drugs and longer diabetes duration (11–15 years) were significantly associated with lower adherence. Health insurance coverage and self-monitoring of blood glucose were positively associated with adherence. Rural residence showed a trend toward lower adherence, although statistical significance was not reached.

Conclusion: Medication adherence among Moroccan patients with T2DM was generally high. Nevertheless, treatment complexity and disease duration remain important barriers to optimal adherence. Strengthening patient education, simplifying treatment regimens when feasible, and improving access to diabetes self-management resources may further enhance adherence and clinical outcomes. These findings provide valuable evidence to guide patient-centered interventions and health policy in Morocco and similar settings.

Keywords: Type 2 diabetes mellitus; Medication adherence; GMAS; Morocco; Primary healthcare; Cross-sectional study.

COMPARATIVE STUDY OF THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION OF *FUMARIA PARVIFLORA* FROM CASABLANCA, EL JADIDA AND KHOURIBGA OF MOROCCO

Salma MAKDOUF[1], Karima El Bouqdaoui[12], Abdelhakim El Makssoudi[3], Mounia Cherki[1]
[1]. Laboratory of Health and Environment, Faculty of Sciences Ain Chok, Hassan II University of Casablanca (Morocco)
[2]. Laboratory of Care, Health and Sustainable Development, Higher Institute of Nursing and Health Techniques, Casablanca (Morocco)
[3]. Laboratory of Organic Synthesis, Extraction and Valorization (LSOEV), Ain Chok, Hassan II University of Casablanca (Morocco)

Abstract

Species of the *Fumaria* genus are medicinal plants known for their anti-inflammatory, antioxidant, and antidiabetic effects. Our species, *Fumaria parviflora*, locally known under different names, is a green, herbaceous, annual plant that grows in wheat fields, plains, and low hills. It is a ubiquitous species that can be found in Europe, Africa, America, Australia, and especially in high prevalence in India, Pakistan, and Iran.

In traditional medicine, this species has been used to treat numerous diseases and infections such as diabetes, digestive disorders, eczema, burns, fever, flu, headaches and toothaches, poisoning, hepatobiliary dysfunction, blood disorders, urinary diseases, and male infertility.

Despite these remarkable therapeutic potentials, few scientific studies have aimed to evaluate its biological activities. Hence, the objective of our research is to carry out a comparative study of the phytochemical composition of *F. parviflora* harvested from three different Moroccan regions (Casablanca, El Jadida, and Khouribga).

Lipids, carbohydrates, proteins, minerals, and pigments were determined using standard methods. Secondary metabolites were assessed through screening techniques. Our results showed that the chemical composition varies depending on the harvesting region, with the Casablanca sample being particularly rich in polyphenols.

Thus, we can conclude that the environmental conditions of each region influence the chemical composition of this plant.

Keywords: *Fumaria*; chemical composition; harvesting region; comparative study.

EFFECT OF FERMENTATION PERIODS ON NUTRITIONAL, ANTI-NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF CASTOR OIL FLOUR (*Ricinus communis*)

Okechukwu, C.O. & Egbujie, A.E.
Department of Science Laboratory Technology, Federal Polytechnic Ekowe, Yenagoa, Bayelsa State, Nigeria.
Department of Food Science Technology, Enugu State University of Science and Technology, Enugu State, Nigeria.

Abstract

This present study investigated the effect of fermentation period on the nutrients, anti-nutrients and functional properties of castor oil flour. Five samples of castor oil flour were subjected to fermentation for 0, 24, 48, 72, and 96 hours, labeled as samples A (raw), B, C, D, and E, respectively. The proximate, mineral, vitamin and antinutrient contents and functional properties were analysed using standard methods. The results of proximate composition showed that fermentation significantly ($p < 0.05$) influenced the proximate composition of the samples. Moisture content increased progressively from 7.54% to 9.72%, while crude protein, fat, ash, and fibre ranged from 9.77% to 23.24%, 3.14% to 4.60%, 2.31% to 3.78%, and 3.14% to 4.63%, respectively, across the fermentation periods. Conversely, carbohydrate content and energy value increased slightly from 68.15% to 76.18% and 349.29 to 366.82 KJ/100 g, indicating enhanced metabolic activities during fermentation. Fermentation markedly improved the mineral content of the castor oil seed flour. Calcium, magnesium, potassium, phosphorus, zinc, and iron increased from 42.85–77.32 mg/100 g, 43.10–81.24 mg/100 g, 34.04–73.61 mg/100 g, 34.04–75.43 mg/100 g, 2.97–5.86 mg/100 g, and 2.08–4.72 mg/100 g, respectively, from raw to 96-hour fermented samples. The vitamin profile also improved with fermentation time, as vitamin A, B1, B2, B3, B6, and C increased from 2.51–5.30 mg/100 g, 2.15–5.61 mg/100 g, 1.13–4.11 mg/100 g, 1.03–2.93 mg/100 g, 1.11–2.77 mg/100 g, and 0.97–2.80 mg/100 g, respectively. These increases suggest that fermentation enhanced the biosynthesis and bioavailability of essential micronutrients. A significant ($p < 0.05$) reduction was observed in all antinutritional factors with longer fermentation duration. Trypsin inhibitor decreased from 4.40 to 0.55 mg/g, tannins from 3.23 to 0.63 mg/g, phytates from 4.77 to 0.71 mg/100 g, oxalates from 3.21 to 0.39 mg/kg, saponins from 4.78 to 0.63 mg/100 g, and haemagglutinins from 5.34 to 0.54 Hiu/100 g. The reduction of these compounds indicates that fermentation effectively detoxifies castor oil seed flour, improving its safety and nutrient bioavailability. Functional property analysis showed that fermentation enhanced the technological potential of the flour. Bulk density increased from 0.35 to 2.04 g/mL, water absorption capacity from 0.42% to 2.37%, oil absorption capacity from 0.25% to 2.37%,

swelling capacity from 1.27% to 4.62%, solubility index from 1.31% to 3.44%, and foaming capacity from 1.45% to 4.52%. These improvements indicate that fermented castor oil flour possesses desirable hydration, emulsification, and structural characteristics for diverse food applications. In conclusion, the study demonstrates that controlled fermentation, particularly between 72 and 96 hours, significantly enhances the nutritional, mineral, and vitamin contents while reducing antinutrients and improving the functional qualities of castor oil flour. These findings highlight the potential of fermentation as an effective bioprocessing technique for converting castor oil seeds into nutritionally enriched and functionally versatile food and feed ingredients.

Keywords: *Ricinus communis*; Fermentation period; Nutritional composition; Anti-nutritional factors; Functional properties.

COORDINATION-RESOLVED MACHINE LEARNING OF THERMODYNAMIC, ELECTRONIC, AND MAGNETIC PROPERTIES OF SPINELS

Dr. Keltoum KHALLOUQ
Laboratory of Solid Physics, Faculty of Sciences Dhar El Mahraz,Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco
ORCID ID: 0000-0002-5715-6351
Dr. Ayoub EL MAAZOUZI
Laboratory of Solid Physics, Faculty of Sciences Dhar El Mahraz,Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco
ORCID ID: 0000-0002-6181-5575
Prof. Dr. Rachid MASROUR
Laboratory of Solid Physics, Faculty of Sciences Dhar El Mahraz,Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco
ORCID ID: 0000-0002-3646-665X

ABSTRACT

Machine-learning surrogates are attractive for screening spinel chemistries, but their apparent accuracy depends heavily on how the evaluation is designed. We assembled 320 cubic spinel records from the Materials Project and fitted tree-ensemble models for five targets: formation energy, energy above the convex hull, band gap, total magnetization and metallic character. Rather than relying on element identity, cations were sorted into tetrahedral-like and octahedral-like environments from CrystalNN coordination numbers. The protocol was group-aware throughout: data were split by reduced formula, every preprocessing step was fitted on training folds only, and the best models were selected from cross-validated scores before any holdout was inspected. Across twenty repeated grouped holdouts (single-seed refits reusing the tuned hyperparameters, and therefore mildly optimistic), mean absolute errors reach 0.121 ± 0.030 eV/atom for the formation energy, 0.048 ± 0.013 eV/atom for the hull distance and 1.27 ± 0.19 μB/f.u. for the magnetization, with metallicity classified at 0.85 ± 0.06 accuracy. Band-gap regression fails to beat a trivial baseline on the 19-member non-metal holdout under paired bootstrap testing, we report this negative outcome and attribute it to sample scarcity and to the semi-local DFT labels. On the same grouped split, the descriptor-based champion is more accurate than an untuned MEGNet trained from scratch (0.087 versus 0.209 eV/atom on the primary holdout), a result that constrains rather than resolves the descriptor-versus-graph question at this data scale.

Keywords: machine learning, spinel compounds, thermodynamic stability, magnetic moment, band gap, interpretable models

MINI-REVIEW: ANTHELMINTIC POTENTIAL OF CITRUS PEEL WASTE IN RUMINANTS

Sakineh Khanamani Falahatipour[1], Soudeh Khanamani Falahati-Pour[2], Motahareh Soltani[2], Sana Naseri[3*]
[1] Department of Comparative Biosciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran
[2] Pistachio Safety Research Center, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran
[3] Department of Pharmacology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Gastrointestinal nematode infections remain one of the most significant challenges facing ruminant production systems worldwide. The repeated and often indiscriminate use of synthetic anthelmintics has accelerated the development of drug resistance in parasite populations, creating an urgent need for sustainable and accessible alternatives. Citrus processing waste, particularly fruit peels, has emerged as a promising candidate due to its widespread availability, low cost, and rich content of bioactive compounds. This review synthesizes evidence from in vitro and in vivo studies investigating the anthelmintic properties of extracts and essential oils derived from various citrus species, including sweet orange (*Citrus sinensis*), mandarin (*Citrus reticulata*), lemon (*Citrus limon*), lime (*Citrus aurantifolia*), grapefruit (*Citrus paradisi*), and bitter orange (*Citrus aurantium*). The findings indicate that key bioactive constituents—particularly limonene, flavonoids such as quercetin, and tannins—exert antiparasitic effects through both direct mechanisms, including cuticular damage, inhibition of egg hatching and larval development, and indirect pathways, such as enhancing immune function and increasing bypass protein. Despite promising results, several challenges remain, including compositional variability due to cultivar, growing conditions, and processing methods, as well as the presence of potential contaminants and the limited number of long-term field studies. Integrating citrus by-products into ruminant diets offers a dual benefit: reducing feed costs and managing agricultural waste while contributing to a circular bioeconomy. This review highlights the current state of knowledge, identifies research gaps, and proposes directions for future investigations to support the practical adoption of citrus peel waste as a natural anthelmintic strategy.

Keywords: Citrus peel, anthelmintic, ruminants, gastrointestinal nematodes, phytochemicals, circular economy

1. Introduction

Gastrointestinal nematode infections rank among the most economically damaging health challenges in sheep, goat, and cattle production globally (Tayengwa & Mapiye, 2018; Hoste et al., 2022). Among these parasites, *Haemonchus contortus* is particularly pathogenic due to its

blood-feeding behavior, high fecundity, and widespread distribution (Khan et al., 2025; Baihaqi et al., 2020). Infected animals suffer from reduced weight gain, decreased milk production, anemia, and mortality, translating into substantial economic losses (Zirintunda et al., 2022; Prasetyo et al., 2024).

For decades, the primary control strategy has been the routine administration of synthetic anthelmintics, including benzimidazoles, macrocyclic lactones, and imidazothiazoles (Ferreira et al., 2018). However, widespread use has accelerated anthelmintic resistance worldwide (Hoste et al., 2022; Zirintunda et al., 2022). Multi-drug resistant isolates are now increasingly common, rendering many conventional treatments ineffective (Amato et al., 2025). This situation has prompted researchers to seek alternative approaches that are effective, affordable, and environmentally sustainable.

Plant-derived bioactive compounds offer a promising avenue. Plants produce diverse secondary metabolites—including alkaloids, flavonoids, tannins, saponins, and terpenoids—many of which exhibit antiparasitic activity (Zirintunda et al., 2022; Hoste et al., 2022). Unlike synthetic drugs, plant-based anthelmintics often operate through multiple mechanisms simultaneously, reducing the likelihood of rapid resistance development (Srisuksai et al., 2026). They are generally safer for animals, leave fewer residues in meat and milk, and are more accessible to smallholder farmers (Amato et al., 2025; Habeeb, 2023).

Among plant-derived resources, citrus waste has attracted particular interest. Citrus fruits—oranges, mandarins, lemons, limes, and grapefruits—are among the most widely cultivated fruits globally, with annual production exceeding 100 million tons (Idamokoro & Hosu, 2022; Habeeb, 2023). Juice processing generates enormous quantities of peel, pulp, and seed residues, accounting for 50–70% of fresh fruit weight (Tayengwa & Mapiye, 2018; Habeeb, 2023). Much of this material is discarded, creating disposal challenges and environmental pollution (Wadhwa et al., 2015; Idamokoro & Hosu, 2022). However, citrus peels are exceptionally rich in bioactive phytochemicals, including flavonoids (hesperidin, naringin, quercetin, apigenin), phenolic acids, and essential oils dominated by limonene (Srisuksai et al., 2026; Aryal et al., 2017; Ferreira et al., 2018). These compounds have demonstrated antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and notably, anthelmintic properties (Srisuksai et al., 2026; Zirintunda et al., 2022).

This review synthesizes available evidence from in vitro and in vivo studies on the anthelmintic potential of citrus peel waste in ruminants and related animal models, examining chemical

composition, mechanisms of action, efficacy, challenges, and opportunities for practical application.

2. Materials and Methods

2.1. Literature Search Strategy

A structured narrative synthesis of peer-reviewed literature was conducted using Scopus, Web of Science, PubMed, CAB Abstracts, and Google Scholar, covering publications from 2015 to 2026. The search string employed was: ("citrus peel" OR "citrus by-product" OR "citrus waste" OR "orange peel" OR "lemon peel" OR "lime peel" OR "grapefruit peel" OR "Citrus sinensis" OR "Citrus reticulata" OR "Citrus limon" OR "Citrus aurantifolia" OR "Citrus paradisi") AND ("anthelmintic" OR "antiparasitic" OR "nematode" OR "helminth" OR "gastrointestinal nematode" OR "Haemonchus contortus") AND ("ruminant" OR "sheep" OR "goat" OR "cattle" OR "buffalo" OR "in vitro" OR "in vivo").

2.2. Inclusion and Exclusion Criteria

Studies were included if they: (i) investigated anthelmintic activity of citrus peel extracts, essential oils, or powder; (ii) reported original experimental data from in vitro or in vivo studies; (iii) involved ruminant species or relevant animal models; and (iv) were published in peer-reviewed journals. Review articles, conference abstracts, and non-English publications were excluded.

2.3. Data Extraction and Synthesis

A total of 20 peer-reviewed articles met the inclusion criteria. Data extracted included citrus species, extract type, parasite species, host species, experimental design, key outcomes, and reported mechanisms. Findings were synthesized qualitatively through thematic analysis.

3. Chemical Composition and Bioactive Compounds

Citrus peels represent a concentrated reservoir of nutrients and bioactive phytochemicals. Composition varies with species, cultivar, growing conditions, and processing methods (Tayengwa & Mapiye, 2018; Habeeb, 2023; Wadhwa et al., 2015).

3.1. Nutritional Composition

Fresh citrus pulp contains 50–70% moisture. On a dry matter basis, citrus peels contain moderate crude protein (6–10%), low ether extract (3–8%), and substantial neutral detergent fiber (20–30%) (Tayengwa & Mapiye, 2018; Muzzo & Provenza, 2026). The fiber fraction is notable for high pectin content, rapidly fermented in the rumen to produce volatile fatty acids, particularly acetate (Habeeb, 2023). Calcium content is elevated (1–2% DM) due to lime added

during processing, while phosphorus remains low (~0.1% DM) (Tayengwa & Mapiye, 2018). Metabolizable energy (~2900 kcal/kg DM) is comparable to barley and maize (Habeeb, 2023).

3.2. Bioactive Phytochemicals

3.2.1. Essential Oils and Terpenes

Limonene is the principal constituent of citrus essential oils, accounting for 56–96% depending on species (Ferreira et al., 2018; Aryal et al., 2017). In *C. aurantifolia*, limonene constitutes ~56%, accompanied by β-pinene (11.9%) and γ-terpinene (11.4%) (Ferreira et al., 2018). In *C. sinensis*, limonene can reach up to 96% of the essential oil composition (Ferreira et al., 2018). These terpenes possess demonstrated antimicrobial, antioxidant, and anthelmintic properties (Ferreira et al., 2018; Zirintunda et al., 2022).

3.2.2. Flavonoids

Quercetin demonstrated the strongest anthelmintic activity among five orange-derived flavonoids evaluated against *C. elegans* and *T. spiralis*, with EC_{50} values of 80.45 µM against wild-type *C. elegans* and 146.54 µM against *T. spiralis*, while showing minimal cytotoxicity (Srisuksai et al., 2026). Hesperetin and hesperidin are flavanones characteristic of sweet orange and mandarin peels (Srisuksai et al., 2026; Aryal et al., 2017). Naringin, abundant in grapefruit, showed limited direct anthelmintic potency (EC_{50} > 1000 µM) (Srisuksai et al., 2026). Apigenin and tangeretin showed intermediate activity, with tangeretin more potent against ivermectin-resistant strains (EC_{50} = 43.11 µM) (Srisuksai et al., 2026).

3.2.3. Phenolic Acids and Tannins

Citrus peels contain phenolic acids and condensed/hydrolysable tannins (Tayengwa & Mapiye, 2018; Hoste et al., 2022). Tannins can bind proteins and polysaccharides, modifying rumen fermentation and exerting direct antiparasitic effects (Hoste et al., 2022). *C. sinensis* showed higher antioxidant activity (62.2%) compared to *C. nobilis* (12.9%), attributed to higher phenolic and flavonoid content (Khan et al., 2025).

3.3. Factors Influencing Compositional Variability

Chemical composition varies significantly with species, cultivar, geographic origin, and processing methods (Habeeb, 2023; Tayengwa & Mapiye, 2018; Idamokoro & Hosu, 2022). Khan et al. (2025) reported phenol, tannin, flavonoid, and saponin concentrations in *C. sinensis* as 3.09, 0.35, 1.71, and 25.18 mg/g, respectively, versus 2.55, 1.52, 0.52, and 23.99 mg/g in *C. nobilis*. High-temperature drying can reduce total phenolic content by 15–40% (Khan et al., 2025; Aryal et al., 2017).

4. Mechanisms of Anthelmintic Action Citrus peel constituents exert antiparasitic effects through direct and indirect mechanisms (Table 1) (Hoste et al., 2022; Srisuksai et al., 2026).

Table 1. Mechanisms of anthelmintic action of citrus peel bioactive compounds

Mechanism	Description	Key Compounds	References
Direct effects			
Cuticle damage	Structural disruption of nematode surface	Tannins, polyphenols	Khan et al. (2025); Baihaqi et al. (2020); Hoste et al. (2022)
Egg hatch inhibition	Prevention of embryonation and hatching	Acetone extracts; limonene; quercetin	Khan et al. (2025); Ferreira et al. (2018); Srisuksai et al. (2026)
Larval mortality	Killing of infective L3 larvae	Limonene; quercetin; tannins	Ferreira et al. (2018); Srisuksai et al. (2026); Hoste et al. (2022)
Metabolic disruption	Interference with energy, lipid, mitochondrial function	Quercetin	Srisuksai et al. (2026)
Neurotoxicity	Paralysis through neurotransmission disruption	Alkaloids; terpenoids	Zirintunda et al. (2022); Aryal et al. (2017)
Indirect effects			
Increased bypass protein	Tannin-protein complexes reduce ruminal degradation	Condensed tannins	Hoste et al. (2022); Tayengwa & Mapiye (2018); Muzzo & Provenza (2026)
Immunomodulation	Enhanced immune function; modulation of inflammation	Flavonoids; tannins	Zirintunda et al. (2022); Srisuksai et al. (2026); Prasetyo et al. (2024)
Antimicrobial effects	Suppression of secondary bacterial infections	Essential oils; flavonoids	Tayengwa & Mapiye (2018)
Antioxidant effects	Reduction of oxidative stress	Flavonoids; phenolic acids	Khan et al. (2025); Srisuksai et al. (2026)

4.1. Direct Effects on Parasites

Scanning electron microscopy studies reveal structural damage to the nematode cuticle following exposure to polyphenol-rich extracts (Khan et al., 2025; Baihaqi et al., 2020; Hoste et al., 2022). Khan et al. (2025) observed morphologically abnormal *H. contortus* embryos with vacuolation and damaged eggshells after treatment with acetone extracts. Prasetyo et al. (2024) documented cuticular changes in *H. contortus* following fruit peel extract exposure.

Many citrus peel extracts demonstrate potent ovicidal and larvicidal activities. Acetone extracts of *C. sinensis* and *C. nobilis* exhibited >90% egg hatch inhibition at 0.15 mg/mL and 0.31 mg/mL, respectively, with IC_{50} values of 0.025 and 1.315 mg/mL (Khan et al., 2025). All extracts demonstrated >90% larvicidal activity at 0.63 mg/mL. Essential oil of *C. aurantifolia* achieved IC_{50} values of 0.694 mg/mL (egg hatch) and 0.044 mg/mL (larval development) (Ferreira et al., 2018).

Metabolomics studies revealed that quercetin disrupts energy production, lipid metabolism, and mitochondrial function in *T. spiralis*, upregulating N-acetyl-D-galactosamine (indicating surface damage) and downregulating inosine and deoxyguanosine (indicating impaired nucleotide synthesis) (Srisuksai et al., 2026).

4.2. Indirect Effects via Host

Tannins bind dietary proteins in the rumen, reducing degradation and increasing bypass protein flow to the small intestine (Hoste et al., 2022; Tayengwa & Mapiye, 2018; Muzzo & Provenza, 2026). Improved protein nutrition enhances immune capacity against nematodes. Prasetyo et al. (2024) confirmed that fruit peel extracts maintained feed consumption and digestibility while improving hematological parameters in *H. contortus*-infected goats. Flavonoids and tannins modulate inflammatory responses and cytokine production (Srisuksai et al., 2026; Zirintunda et al., 2022).

4.3. Synergistic Effects

Flavonoids can act synergistically with tannins, potentiating antiparasitic effects (Zirintunda et al., 2022; Hoste et al., 2022). This synergy is a theoretical advantage of whole-plant extracts, reducing resistance likelihood.

5. In Vitro Evidence

Table 2. Summary of key in vitro studies

Citrus species	Extract	Parasite	Key findings	Reference
C. sinensis	Acetone	*H. contortus*	>95% egg hatch inhibition at 0.15 mg/mL; IC_{50} = 0.025 mg/mL	Khan et al. (2025)
C. nobilis	Acetone	*H. contortus*	>90% egg hatch inhibition at 10 mg/mL	Khan et al. (2025)
C. reticulata	Methanol (150 mg/mL)	*P. posthuma*	Paralysis at 5.76 min; death at 19.16 min	Aryal et al. (2017)
C. aurantifolia	Essential oil	*H. contortus* (multidrug-resistant)	EHT IC_{50} = 0.694 mg/mL; LDT IC_{50} = 0.044 mg/mL	Ferreira et al. (2018)
Orange flavonoids	Quercetin	*C. elegans* (N2, CB347, JD608); *T. spiralis*	EC_{50} = 80.45, 76.25, 45.28 µM (*C. elegans*); 146.54 µM (*T. spiralis*)	Srisuksai et al. (2026)

Acetone and hydroalcohol extracts consistently showed highest activity; aqueous extracts showed poor activity, confirming active compounds are predominantly non-polar (Khan et al., 2025). Quercetin demonstrated activity against albendazole- and ivermectin-resistant strains

(Srisuksai et al., 2026). Ferreira et al. (2018) showed essential oil of *C. aurantifolia* was effective against multidrug-resistant *H. contortus* (Embrapa 2010).

6. In Vivo Evidence

Table 3. Summary of key in vivo studies

Species	Preparation	Host	Parasite	Key findings	Reference
C. aurantifolia	Butanol extract (1000 mg/kg)	Mice	*H. bakeri*	79% worm reduction	Enejoh et al. (2019)
C. paradisi	Peel extract + albendazole	Mice	*T. spiralis*	Lowest muscle larvae count; reduced NF-κB	Ibrahim et al. (2025)
Punica granatum	Aqueous peel extract (200 mg/kg)	Cattle, buffalo, sheep, goats	Mixed GIN	97% FEC reduction	Kaiaty et al. (2021)
Mangifera indica	Aqueous extract (5%)	Goats	*H. contortus*	83.43% FEC reduction; improved hematology	Prasetyo et al. (2024)
C. limon	Peel powder (3, 6 g/kg)	Broilers	*E. tenella*	Reduced oocyst shedding; lower mortality	Hafeez et al. (2023)
C. aurantium	Peel extract (300 mg/kg)	Dogs	*Mesostephanus* spp.	98.73% FEC reduction	Abd-Elaziz et al. (2026)
Citrus* spp. + *O. vulgare	Essential oil blend	Sheep	*Eimeria* spp.	56% prevalence reduction; 13% higher lamb weight	Dudko et al. (2017)

Enejoh et al. (2019) demonstrated butanol extract of *C. aurantifolia* achieved 79% deparasitization against *H. bakeri* in mice at 1000 mg/kg. Ibrahim et al. (2025) showed grapefruit peel extract combined with albendazole was superior to either alone against *T. spiralis*. Kaiaty et al. (2021) demonstrated pomegranate peel extract achieved 97% FEC reduction in multiple ruminant species. Prasetyo et al. (2024) reported 83.43% FEC reduction with 5% mango peel extract in goats, with improved hematology and normal feed intake.

Hafeez et al. (2023) reported lemon peel powder (3 and 6 g/kg) reduced oocyst shedding and mortality in *E. tenella*-infected broilers. Abd-Elaziz et al. (2026) demonstrated *C. aurantium* extract achieved 98.73% efficacy against trematodes in dogs. Dudko et al. (2017) showed essential oil blend reduced *Eimeria* prevalence by 56% and increased lamb weight by 13% in a large-scale sheep study.

All extracts were well tolerated with no adverse effects reported (Enejoh et al., 2019; Prasetyo et al., 2024; Hafeez et al., 2023).

7. Discussion

The findings summarized in this review demonstrate that citrus peel extracts and essential oils possess substantial anthelmintic activity across a range of parasite species and host models. However, the efficacy varies considerably depending on several factors, including the type of extract, the citrus species, the parasite stage targeted, and the experimental conditions.

7.1. Influence of Extraction Solvent on Efficacy

A consistent pattern emerging from the reviewed studies is the superior activity of non-polar extracts compared to aqueous extracts. Khan et al. (2025) systematically demonstrated that acetone and hydroalcohol extracts of *C. sinensis* and *C. nobilis* consistently outperformed aqueous extracts in both egg hatch inhibition and larval mortality assays. This observation is readily explained by the lipophilic nature of the primary bioactive constituents—limonene, other terpenes, and flavonoids such as quercetin—which are poorly soluble in water but readily extracted by organic solvents. Aryal et al. (2017) similarly found that methanolic extracts were more potent than volatile oils, likely due to the broader range of phytochemicals extracted, including alkaloids, tannins, and flavonoids in addition to terpenes.

This finding has practical implications for the development of citrus peel-based anthelmintics. While aqueous extraction is simpler, cheaper, and more environmentally friendly, it yields products with limited efficacy. For practical applications, hydroalcohol or acetone extraction may be necessary to achieve therapeutic concentrations of bioactive compounds, though the economic and logistical feasibility of such approaches in resource-limited settings requires careful consideration.

7.2. Comparative Efficacy of Citrus Species

Among the citrus species evaluated, *C. aurantifolia* (lime) essential oil showed exceptional potency in larval development assays (IC_{50} = 0.044 mg/mL), outperforming oils from *Anthemis nobile* and *Lavandula officinalis* (Ferreira et al., 2018). The high limonene content (56.37%) of *C. aurantifolia* oil likely contributes significantly to this activity. *C. sinensis* and *C. nobilis* acetone extracts also demonstrated excellent activity, though the specific phytochemical profiles differed, with *C. sinensis* showing higher phenolic and flavonoid content and consequently greater antioxidant activity (Khan et al., 2025).

The variation in efficacy across species underscores the importance of species selection and batch-specific phytochemical characterization when developing citrus peel-based products. *C.*

sinensis, being the most widely cultivated citrus globally, represents the most accessible and scalable source, while *C. aurantifolia* may offer superior potency for certain applications.

7.3. Stage-Specific Activity

The reviewed studies reveal differential susceptibility of parasite life stages to citrus-derived compounds. Ferreira et al. (2018) demonstrated that *C. aurantifolia* essential oil was considerably more potent against larval stages (IC_{50} = 0.044 mg/mL) than against eggs (IC_{50} = 0.694 mg/mL). Similarly, Khan et al. (2025) found that all extracts exhibited >90% larvicidal activity at relatively low concentrations, while egg hatch inhibition required higher concentrations or specific solvent systems. This stage-specific activity has important implications for parasite control strategies: interventions targeting larval stages may reduce pasture contamination and subsequent reinfection, while ovicidal activity may be more relevant for reducing within-host parasite burdens.

7.4. Activity Against Drug-Resistant Strains

One of the most encouraging findings is the activity of citrus-derived compounds against drug-resistant parasite strains. Srisuksai et al. (2026) demonstrated that quercetin was more potent than albendazole against an albendazole-resistant strain of *C. elegans* (EC_{50} = 76.25 µM vs. >1000 µM) and outperformed ivermectin against an ivermectin-resistant strain (EC_{50} = 45.28 µM vs. 642.03 µM). Ferreira et al. (2018) showed that *C. aurantifolia* essential oil was effective against a multidrug-resistant isolate of *H. contortus* resistant to benzimidazoles, macrocyclic lactones, and imidazothiazoles.

These findings suggest that citrus-derived compounds operate through mechanisms distinct from those of conventional anthelmintics, potentially involving multiple targets that make resistance development less likely. The ability to overcome existing resistance is particularly significant given the growing prevalence of multi-drug resistant parasites worldwide.

7.5. Translation from In Vitro to In Vivo Efficacy

While in vitro studies consistently demonstrate potent activity, translation to in vivo efficacy is not always straightforward. Factors such as poor bioavailability, rumen degradation, and binding to dietary components may reduce the effective concentration of active compounds reaching the parasites. This likely explains why in vivo efficacy, while substantial, often falls short of in vitro potency. For example, Enejoh et al. (2019) achieved 79% worm reduction in mice with butanol extract, while Ferreira et al. (2018) demonstrated near-complete larval inhibition in vitro at much lower concentrations.

Despite this attenuation, the in vivo evidence remains compelling. Kaiaty et al. (2021) achieved 97% FEC reduction in ruminants with pomegranate peel extract, comparable to conventional anthelmintics. Prasetyo et al. (2024) reported 83% FEC reduction with mango peel extract, along with improved hematological parameters. These findings demonstrate that despite the challenges of translation, fruit peel extracts can achieve clinically meaningful reductions in parasite burdens.

7.6. Comparison with Conventional Anthelmintics

Where direct comparisons have been made, citrus peel extracts have shown efficacy approaching that of conventional anthelmintics but generally require higher doses or longer treatment durations. Kaiaty et al. (2021) found that pomegranate peel extract achieved 97% FEC reduction compared to 100% for ivermectin and albendazole. Ibrahim et al. (2025) showed that grapefruit peel extract alone was less effective than albendazole, but the combination was superior to either alone. Dudko et al. (2017) demonstrated that the essential oil blend improved lamb growth and reduced coccidia prevalence, though specific comparison with conventional anticoccidials was not performed.

These findings suggest that citrus peel extracts are unlikely to completely replace conventional anthelmintics but could serve as valuable complementary or alternative strategies, particularly in integrated parasite management programs where they can reduce reliance on synthetic drugs and slow the development of resistance.

8. Challenges, Limitations, and Future Perspectives

Despite the substantial body of evidence supporting the anthelmintic potential of citrus peel waste, several challenges and limitations must be addressed before these resources can be widely adopted in ruminant production systems. These challenges span compositional variability, processing and preservation, safety concerns, economic feasibility, and gaps in the current evidence base. A summary of the key challenges and potential solutions is presented in Table 4.

Table 4. Key challenges and potential solutions for utilizing citrus peel waste as an anthelmintic

Challenge	Potential Solutions
Compositional variability	Batch-specific analysis; standardization
Processing and preservation	Sun-drying; ensiling; low-cost technologies
Contaminants (pesticides, mycotoxins)	Regular monitoring; organic sourcing
Antinutritional factors (tannins)	Optimize inclusion (5–15% DM); adaptation

Palatability and intake	Gradual adaptation; ensiling; pelleting
Lack of standardization	Industry standards; certification
Limited long-term studies	Extended feeding trials
Regulatory barriers	Evidence-based guidelines; policy development

8.1. Compositional Variability and Standardization

Compositional variability is a significant challenge, as phytochemical content varies with species, cultivar, and processing (Tayengwa & Mapiye, 2018; Habeeb, 2023; Idamokoro & Hosu, 2022). Batch-specific analysis and quality control parameters are essential (Muzzo & Provenza, 2026). High moisture content (50–70%) promotes spoilage; sun-drying and ensiling are low-cost preservation options (Wadhwa et al., 2015; Habeeb, 2023; Hoste et al., 2022).

Pesticide residues, mycotoxins, and heavy metals may be present; regular monitoring is essential (Wadhwa et al., 2015; Muzzo & Provenza, 2026). Optimal inclusion levels of 5–15% DM are generally safe and effective; higher levels (>15–20%) may reduce intake and digestibility (Tayengwa & Mapiye, 2018; Hoste et al., 2022; Muzzo & Provenza, 2026).

8.2. Gaps in the Evidence Base

Key research gaps include: long-term studies (>12 weeks), field validation under commercial conditions, mechanistic understanding (metabolomics, transcriptomics), combination strategies with conventional drugs, economic analyses, and effects on meat and milk quality (Muzzo & Provenza, 2026; Amato et al., 2025; Hoste et al., 2022). For instance, a six-month feeding trial on dairy flocks, with seasonal monitoring of fecal egg counts, body condition scores, milk yield, and oxidative stress biomarkers, would provide critical data on the long-term efficacy and safety of citrus peel supplementation. Such studies should include graded inclusion levels (e.g., 5%, 10%, and 15% of dietary DM) to establish optimal doses under practical farming conditions.

8.3. Future Research Directions

Future research should prioritize standardization of extraction and quality control protocols, systematic dose-response studies across different citrus species and animal categories, long-term field trials under commercial conditions, and comprehensive economic analyses to assess cost-effectiveness and environmental benefits of integrating citrus peel waste into ruminant feeding systems.

9. Conclusion

The evidence reviewed demonstrates that citrus peel waste possesses genuine anthelmintic potential against a range of parasites affecting ruminants and other animal species. Bioactive compounds—particularly limonene, quercetin, other flavonoids, and tannins—act through

multiple mechanisms, including direct damage to the parasite cuticle, inhibition of egg hatching and larval development, disruption of metabolic pathways, and indirect enhancement of host immunity through improved protein nutrition and antioxidant support. Both in vitro and in vivo studies have consistently shown significant reductions in fecal egg counts and parasite burdens following treatment with citrus extracts or supplementation with citrus peel powder, with efficacy often comparable to conventional anthelmintics. However, challenges remain: compositional variability, processing and preservation difficulties, the presence of potential contaminants, and limited long-term field validation constrain practical adoption. Realizing the full potential of this resource will require standardized quality control, systematic dose optimization, extended field trials, and appropriate regulatory frameworks. Within the broader context of sustainable livestock production and circular economy, integrating citrus peel waste into ruminant feeding systems offers a promising dual benefit: reducing feed costs and managing agricultural waste while providing a natural, accessible alternative to synthetic anthelmintics that can help slow the development of drug resistance.

References

Abd-Elaziz, A. A., Abouelhassan, E. M., Elkhawass, E. A., Shanab, O., Khalil, W. F., & Abdelfattah, A. M. (2026). Therapeutic potential of Citrus aurantium peel extract against canine Mesostephanus infection: in vivo safety assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, *33*, 2759-2769.

Amato, R., Nappa, A., Martone, G., Santaniello, M., di Donato, L., Nocerino, M., Cringoli, G., Rinaldi, L., & Bosco, A. (2025). Use of agro-industrial by-products for the control of gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Large Animal Review*, *31* (2), 79-90.

Aryal, A., Upreti, S., & Das, K. (2017). Evaluation of anthelmintic activity of Citrus reticulata: in vitro and its phytochemical investigation. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, *10* (5), 1-5.

Baihaqi, Z. A., Widiyono, I., & Nurcahyo, W. (2020). Potential of Carica pubescens fruit peel as an alternative method to control Haemonchus contortus in small ruminants. *Livestock Research for Rural Development*, *32* (7), 106.

Dudko, P., Junkuszew, A., Bojar, W., Milerski, M., Szczepaniak, K., Le Scouarnec, J., Schmidová, J., Tomczuk, K., & Grzybek, M. (2017). Effect of dietary supplementation with preparation comprising the blend of essential oil from Origanum vulgare (lamiaceae) and Citrus spp. (citraceae) on coccidia invasion and lamb growth. *Italian Journal of Animal Science*, *16* (4), 1-9.

Enejoh, O. S., Suleiman, M. M., Ajanusi, J. O., & Ambalai, S. F. (2019). Anthelmintic activity of extracts of Citrus aurantifolia (Christm) fruit peels against experimental Heligmosomoides bakeri in mice. *International Journal of Advanced Biological Research*, *9* (1), 1-9.

Ferreira, L. E., Benincasa, B. I., Fachin, A. L., Contini, S. H. T., Franca, S. C., Chagas, A. C. S., & Beleboni, R. O. (2018). Essential oils of Citrus aurantifolia, Anthemis nobile and Lavandula officinalis: in vitro anthelmintic activities against Haemonchus contortus. *Parasites & Vectors*, *11*, 269.

Habeeb, A. A. M. (2023). Importance of utilization of citrus by-product waste in ruminant animal nutrition. *Indiana Journal of Agriculture and Life Sciences*, *3* (4), 1-9.

Hafeez, A., Ahmad, I., Naz, S., Alonaizan, R., Al-akeel, R. K., Khan, R. U., & Tufarelli, V. (2023). Effect of lemon (Citrus limon, L.) peel powder on oocyst shedding, intestinal health, and performance of broilers exposed to E. tenella challenge. *Animals*, *13*, 3533.

Hoste, H., Meza-Ocampos, G., Marchand, S., Sotiraki, S., Sarasti, K., Blomstrand, B. M., Williams, A. R., Thamsborg, S. M., Athanasiadou, S., Enemark, H. L., Torres Acosta, J. F., Mancilla-

Montelongo, G., Castro, C. S., Costa-Junior, L. M., Louvandini, H., Sousa, D. M., Salminen, J.-P., Karonen, M., Engstrom, M., Charlier, J., Niderkorn, V., & Morgan, E. R. (2022). Use of agro-industrial by-products containing tannins for the integrated control of gastrointestinal nematodes in ruminants. *Parasite*, *29*, 10.

Ibrahim, B., El-Wakil, E. S., Esmat, M., Elghareeb, A., Ghareeb, M., Assem, M., & Kamel, N. (2025). Therapeutic impact of Citrus paradisi peel extract on muscular trichinellosis: an in vivo study. *Journal of Helminthology*, *99*, e67.

Idamokoro, E. M., & Hosu, Y. S. (2022). Out-look on worldwide trends of related studies on citrus waste as feed for livestock production: A scientometric analysis. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, *7*, 869974.

Kaiaty, A. M., Salib, F. A., El-Gameel, S. M., Hussien, A. M., & Kamel, M. S. (2021). Anthelmintic activity of pomegranate peel extract (Punica granatum) and synthetic anthelmintics against gastrointestinal nematodes in cattle, sheep, goats, and buffalos: in vivo study. *Parasitology Research*, *120*, 3883-3893.

Khan, F. A., Swarnkar, C. P., & Soni, L. K. (2025). In vitro anthelmintic effects of Citrus sinensis and Citrus nobilis fruit peel extracts. *Indian Journal of Small Ruminants*, *31* (2), 222-229.

Muzzo, B. I., & Provenza, F. D. (2026). Phytochemically rich food-system by-products in ruminant diets: Nutritional and health benefits from animals to humans within a circular bioeconomy. *Recent Progress in Nutrition*, *6* (2), 2602004.

Prasetyo, E. N., Rokana, E., Baihaqi, Z. A., & Samudi, S. (2024). Anthelmintic effects of Podang mango (Mangifera indica) fruit peel waste extract through in vivo application on Indonesian Etawa goat production and health. *Veterinary World*, *17* (6), 1291-1298.

Srisuksai, K., Niyom, N., Adisakwattana, P., Uthailak, N., Fongsodsri, K., Kanjanapruthipong, T., Ampawong, S., Thiangtrongit, T., Tipthara, P., Tarning, J., & Reamtong, O. (2026). In vitro evaluation of the anthelmintic activity of citrus flavonoids against free-living and parasitic nematodes. *Scientific Reports*, *16*, 3942.

Tayengwa, T., & Mapiye, C. (2018). Citrus and winery wastes: Promising dietary supplements for sustainable ruminant animal nutrition, health, production, and meat quality. *Sustainability*, *10*, 3718.

Wadhwa, M., Bakshi, M. P. S., & Makkar, H. P. S. (2015). Waste to worth: Fruit wastes and by-products as animal feed. *CABI Reviews*, 1-26.

Zirintunda, G., Biryomuamisho, S., Kasozi, K. I., Batiha, G. E.-S., Kateregga, J., Vudriko, P., Nalule, S., Olila, D., Kajoba, M., Matama, K., Kwizera, M. R., Ghoneim, M. M., Abdelhamid, M., Zaghlool, S. S., Alshehri, S., Abdelgawad, M. A., & Acai-Okwee, J. (2022). Emerging anthelmintic resistance in poultry: Can ethnopharmacological approaches offer a solution? *Frontiers in Pharmacology*, *12*, 774896.

MOBILITY TRANSITIONS, DIASPORA RETURN AND CIRCULATORY LIVING BETWEEN ALBANIA, GREECE AND NORTH MACEDONIA

MARCELA MELE
PhD in Human Geography
Department of Tourism, Business Faculty, University Aleksandër Moisiu of Durrës, Albania
ORCID: 0000-0003-2914-297X
Email: mele9840@gmail.com
HERMIS MELE
Msc Landscape Architecture
Faculty of Agricultural and Environment, Agricultural University of Tirana, Albania
ORCID: 0009-0009-8831-3231
Email: hermesemele2018@gmail.com

Abstract

European mountain regions are changing because of complex forms of mobility that challenge conventional understandings of settlement, migration, and territorial decline. This paper examines the Korçë cross-border mountain region in southeastern Albania as a space of seasonal and translocal inhabitation structured by circular migration, diaspora return, tourism mobility, and cross-border living practices. Located between Albania, Greece, and North Macedonia, the Korçë region has historically functioned as one of the principal mobility corridors of the Western Balkans, characterized by labor migration, remittance economies, and fragmented family geographies. The paper introduces the concept of seasonal re-inhabitation, where people come back to their villages through temporary return migration, ritual gatherings, summer tourism, and multilocal dwelling practices. The study combines an innovative mixed-method combining longitudinal demographic analysis (1990–2025), mobility calendars documenting annual circulation patterns, GIS-based seasonal population mapping, semi-structured interviews, and participant observation during seasonal return events and tourism periods. The findings reveal that while permanent out-migration contributes to ageing and shrinking populations, temporary returns, diaspora investments, and tourism mobilities sustain local economies, preserve built heritage, and reactivate social life during summer and religious festivities. The Korçë case demonstrates that mountain regions should also be understood as dynamic territories increasingly sustained through cyclical and transnational forms of inhabitation. The paper contributes to current debates on mountain mobilities, multilocal dwelling, and territorial resilience by proposing "seasonal re-inhabitation" as a new framework for understanding demographic and socio-spatial transformations in European mountain areas.

Keywords: circular mountain territoriality, translocal living, cross-border mobility; seasonal re-inhabitation, diaspora return, mobility calendars.

FROM DIGITAL ENGAGEMENT TO DIGITAL FATIGUE: THE PARADOX OF SOCIAL MEDIA MARKETING

Dr. Samir MERADI
Associate Professor (B) in Marketing
Djillali Liabes University, Sidi Bel Abbès, Algeria
Email: sammeradi@gmail.com | ORCID: 0000-0003-3308-3204

ABSTRACT

Social media has become a central environment for contemporary marketing, enabling brands to interact continuously with consumers, generate content, build communities, and stimulate customer engagement. However, the increasing intensity of digital communication creates a paradox: strategies designed to maximize engagement may simultaneously generate information overload, notification fatigue, advertising irritation, and psychological exhaustion. This study explores the tension between digital engagement and digital fatigue and examines how excessive social media marketing can transform active consumers into disengaged or avoidant users. The study adopts an integrative literature review approach focusing on recent research on social media marketing, customer engagement, digital fatigue, information overload, advertising irritation, consumer attention, and social media avoidance. The Stimulus–Organism–Response (S-O-R) framework is used to conceptualize the relationship between intensive marketing stimuli, consumers' psychological responses, and subsequent behavioral outcomes, with particular attention to the frequency, intensity, personalization, and perceived intrusiveness of brand communication. The literature suggests that social media engagement is not necessarily linear. While relevant and valuable content can strengthen interaction, excessive content exposure and repetitive commercial messages may increase cognitive overload, irritation, perceived intrusiveness, and digital fatigue. These negative responses can reduce attention, weaken brand engagement, encourage avoidance behaviors, and ultimately affect the quality of the customer–brand relationship. The study therefore highlights an engagement–fatigue paradox in which attempts to generate more engagement may produce the opposite outcome. It proposes a shift from an engagement-maximization logic toward an engagement-sustainability perspective, in which marketers optimize the relevance, timing, frequency, and perceived value of digital interactions. The study contributes to contemporary digital marketing literature by identifying digital fatigue as an important boundary condition of customer engagement and by proposing a more sustainable approach to social media relationship management. Keywords: Social Media Marketing; Customer Engagement; Digital Fatigue; Information Overload; Consumer Behavior; Digital Marketing; Customer–Brand Relationship; Social Media Avoidance.

ROLE OF PASTURE FERTILIZATION TO OBTAIN HIGH-QUALITY GRASS

Academician Prof Dr Ivan PAVLOVIĆ
Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Belgrade, Serbia
ORCID ID: 0000-0003-4751-6760
Prof Dr Jovan BOJKOVSKI
Faculty of Veterinary Medicine University in Belgrade, Belgrade, Serbia
ORCID ID: 0000-0001-7097-2559
Prof Dr Vesna KARAPETKOVSKA HRISTOVA
University "St. Kliment Ohridski" - Bitola; Faculty of Biotechnical Sciences – Bitola; N. Macedonia
ORCID ID: 0000-0002-5056-8003
MSc Ivanka HADŽIĆ
Association of Trimmers, Care and Therapy of Cattle Foot of Serbia, Belgrade, Serbia
ORCID ID: 0009-0005-3032-0173

ÖZET

Pastures are nutrient-intensive crops. Fertilization is a mandatory measure that we should implement in the growing season so that the grass crop is healthy, covers the surface well and has good growth and development. Without regular feeding with nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, iron and other minerals, wilting would occur very quickly. Care of pastures is necessary throughout the year, and the most important thing is the timely application of nutrients and their quantity. The grass is mowed several times during the year and thus the plants lose accumulated nutrients that need to be compensated. In the case of highly intensive lawns that are mowed several times, it is necessary to fertilize after each mowing. The first feeding is done in early spring when the grass starts to grow. The temperature of the earth is then up to 12ºC. After winter, grasses need nutrients, especially the lack of nitrogen, which encourages new growth. Adding fertilizer is best done after rain, when the grass is dry and the soil will still be moist enough to absorb the added nutrients. Pasture feeding during the summer can be done on several occasions, depending on the condition of the plot. If already at the beginning of the summer we meet with pale plants, it is necessary to carry out nitrogen fertilization, which will encourage their growth and intensify the coloring. When the summers are rainy, it is necessary to add those rich in potassium, because it washes away. Autumn fertilization will ensure good preparation of the grass for winter. The content of dry matter will be higher, and the plants will be more resistant to freezing. It is necessary to reduce the amount of nitrogen, and use fertilizers richer in phosphorus and potassium. Before winter, manure is added in the amount of up to 4 kg/m².

Anahtar kelimeler: fertilization of pastures, grass, animal nutrition

GREEN HYBRID NANOPARTICLES FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS

Usman Samaila[1], Ibrahim Samaila[2]
[1]Umaru Musa Yar'adua University, [2]Umaru Musa Yar'adua University,
[1]ORCID ID: 0009-0005-9665-2808 [2]ORCID ID: 0009-0005-3683-0625

Abstract

Green hybrid nanoparticles have emerged as a promising class of nanomaterials that combine the advantages of multiple components synthesized via environmentally friendly methods. Unlike conventional chemical and physical techniques, green synthesis utilizes plant extracts, microorganisms, and biopolymers, offering safer, cost-effective, and sustainable approaches. Hybrid nanoparticles, such as metalmetal oxide, metalpolymer, and multi-metal composites, exhibit enhanced physicochemical properties, including high stability, biocompatibility, and multifunctionality. These unique features make them particularly valuable in biomedical fields, ranging from antimicrobial and anticancer therapies to wound healing, bioimaging, biosensing, and drug delivery. Their mechanisms of action typically involve reactive oxygen species (ROS) generation, membrane disruption, DNA and protein interactions, and synergistic effects arising from the hybrid composition. Despite their promise, challenges such as cytotoxicity, large-scale synthesis, reproducibility, and regulatory approval hinder clinical translation. This review highlights recent advances in the green synthesis, characterization, and biomedical applications of hybrid nanoparticles, with a focus on their therapeutic potential and future prospects in precision medicine.

Keywords: Green, Hybrid, Nanoparticles, Biomedical Application, Reactive Oxygen Species.

WHEN ONE SIZE DOES NOT FIT ALL: PHARMACOKINETIC HURDLES IN EXTRAPOLATING DRUG DATA FROM DOGS TO CATS

Sakineh Khanamani Falahatipour[1], Soudeh Khanamani Falahati-Pour[2], Motahareh Soltani[2], Zahra Hallajian [3*]

[1] Department of Comparative Biosciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

[2] Pistachio Safety Research Center, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran

[3] Department of Pharmacology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

Corresponding author: zarhallajian@ut.ac.ir

Abstract

Veterinarians frequently prescribe drugs to cats using doses derived from canine studies, yet cats and dogs differ profoundly in how they handle medications. This mini-review examines the pharmacokinetic evidence behind the statement that "cats are not small dogs" and evaluates the reliability of common extrapolation methods. Cats exhibit multiple deficiencies in drug-metabolizing enzymes. They lack functional UGT1A6 and UGT1A9, enzymes essential for glucuronidation of phenolic compounds, with Vmax values for acetaminophen glucuronidation over 10-fold lower than in dogs. Feline CYP2D15 shows approximately 30-fold lower affinity for certain substrates compared to the canine enzyme. These metabolic limitations translate into clinically meaningful differences: clearance of cimicoxib is 3-fold lower in cats, half-life of acetaminophen is 5-fold longer, and aspirin elimination is nearly 5-fold slower compared to dogs. Simple mg/kg scaling from dogs to cats is frequently inaccurate, and allometric scaling offers only modest improvements for drugs undergoing extensive hepatic metabolism. Drugs that are predominantly renally excreted may scale more reliably, but drugs that undergo conjugation or active transport consistently deviate from predictions. The clinical consequences are well documented: acetaminophen causes methemoglobinemia in cats at doses tolerated by dogs, propofol infusions lead to Heinz body anemia, and carprofen clearance is 2.8-fold slower in cats. When extrapolation is unavoidable, clinicians should identify the drug's elimination pathway, use allometric scaling with conservative dose reductions, monitor for toxicity, and prioritize safer alternatives when available. Species-specific pharmacokinetic studies, such as comparative microsome panels and clinical trials in cats, demonstrate that generating feline data is both feasible and impactful. Moving from guesswork to evidence-based prescribing requires investment in veterinary pharmacology research, collaborative databases, and transparent documentation of clinical outcomes. The pharmacological gap between dogs and cats is not immutable—it is solvable through sustained commitment to species-specific research and clinical vigilance.

Keywords: Feline pharmacokinetics, Species differences, Dose extrapolation, Allometric scaling, UGT deficiency, Drug metabolism

CONTEMPORARY GLOBAL CRISES AND THE DEVELOPMENT OF CRIMINAL PHENOMENA

PhD Roxana Mihaela Moisoiu
U.S.P.E.E. „C. Stere" Chișinău, Moldova
ID orcid 0009-0005-0515-0432
Prof.Colegiul German"Goethe"
București
România

UDC - 004.8:343.98:34
DOI: to be assigned
JEL 14

Abstract

The contemporary world is characterized by a complex accumulation of economic, social, political, environmental, health, and security crises that significantly influence the evolution of criminal phenomena. Armed conflicts, economic instability, poverty, unemployment, forced migration, social inequalities, political instability, and rapid technological development create conditions that can facilitate the emergence, diversification, and intensification of criminal activities. In this context, crime increasingly reflects the structural vulnerabilities generated by global crises and adapts rapidly to changing social and economic environments.

This paper examines the relationship between contemporary global crises and the development of criminal phenomena, focusing on the ways in which periods of instability can contribute to the expansion of both traditional and emerging forms of crime. Particular attention is given to organized crime, trafficking in persons and illicit goods, cybercrime, financial fraud, corruption, exploitation of vulnerable populations, and other forms of transnational criminality. The analysis emphasizes that crises may weaken institutional capacities, disrupt social protection mechanisms, increase economic vulnerability, and create new opportunities for criminal networks.

The paper also explores the interaction between poverty, social exclusion, insecurity, and criminal behavior. Vulnerable communities may become both potential sources of criminal recruitment and targets of exploitation by organized criminal groups. At the same time, technological development and digitalization provide criminal actors with new tools for communication, recruitment, financial transactions, and the coordination of illicit activities across national borders.

The study argues that the development of criminal phenomena during periods of global crisis cannot be addressed exclusively through traditional punitive measures. Effective responses require integrated strategies combining criminal justice, social protection, economic

policies, education, cybersecurity, international cooperation, and preventive interventions. Strengthening institutional resilience and reducing the social and economic vulnerabilities associated with crises are essential components of long-term crime prevention.

Keywords: contemporary crises, criminal phenomena, organized crime, transnational crime, poverty, social vulnerability, cybercrime, insecurity, crime prevention, global security.

THE IMPACT OF ERASMUS+ KA171 MOBILITY ON COMMUNICATION SKILLS OF ALBANIAN STUDENTS: EVIDENCE FROM A RETROSPECTIVE PRE/POST STUDY

Elton Skendaj
Mediterranean University of Albania, Tirana, Albania
elton.skendaj@umsh.edu.al

ABSTRACT

This paper investigates how participation in Erasmus+ KA171 international credit mobility shapes the communication skills of Albanian university students. Albania has participated in the Erasmus+ programme as a Partner Country since 2014, sending hundreds of students each year to European universities, yet no empirical study has previously examined what these exchanges actually produce in terms of communication competence development. The paper addresses this gap by analysing primary survey data from Albanian students with mobility experience across twenty host countries. The study measures perceived communication skills before and after the mobility period and validates the findings through confirmatory statistical modelling. The results demonstrate that Erasmus+ mobility produces substantial and consistent communication skills gains for Albanian students, placing communication as a significant — though not the largest — dimension of the broader soft skills development that mobility generates. Intercultural adaptability and cultural awareness emerge as the strongest areas of growth, with communication skills ranking as a robust third dimension. The near-unanimous endorsement of the programme by its participants and the high rate of self-reported language improvement provide independent corroboration of the quantitative findings. These results constitute the first empirical evidence that the communication-skills outcomes documented in the European Commission's Erasmus Impact Study for Programme Countries are replicable in the Partner Country context of the Western Balkans, opening a pathway for similar investigations across the region.

Keywords: *Erasmus+ KA171; communication skills; soft skills; student mobility; Albania; Partner Country; Western Balkans*

MODIFIABLE RISK FACTORS FOR PANCREATIC CANCER: CURRENT EVIDENCE AND IMPLICATIONS FOR PREVENTION

Prof. Bledar KRAJA, MD, PhD
Division of Physiology, Department of Biomedical and Experimental Sciences, Faculty of Medicine, University of Medicine Tirana, Albania
University Clinic of Gastro-Hepatology, University Hospital Center "Mother Teresa", Dibra Street 371, 1001, Tirana, Albania
ORCID ID: 0000-0001-7685-8394.

Abstract

Background: Pancreatic cancer (PC) is one of the most lethal malignancies worldwide. Its poor prognosis is largely attributable to late diagnosis and the lack of effective population-based screening strategies. Identifying modifiable risk factors may contribute to prevention and improved risk stratification.

Objective: To summarize the current evidence regarding modifiable risk factors associated with PC development, with particular emphasis on smoking, alcohol consumption, obesity, and diet.

Methods: A narrative review of epidemiological studies, meta-analyses, pooled analyses, prospective cohorts, and Mendelian randomization studies evaluating modifiable exposures and PC risk was performed.

Results: Cigarette smoking is among the most consistently established modifiable risk factors, accounting for an estimated 11-32% of PC cases worldwide. Current smokers have approximately twice the risk of PC compared with never-smokers, while risk progressively decreases following smoking cessation. Heavy alcohol consumption is associated with a modest increase in PC risk, whereas evidence regarding low-to-moderate intake remains inconclusive and may be influenced by tobacco-related confounding. Obesity is consistently associated with increased PC risk, with evidence suggesting that both overall and central adiposity contribute to carcinogenesis. Mendelian randomization studies further support a potentially causal relationship between higher BMI and PC. Dietary associations are weaker and less consistent. Healthy, prudent, and plant-based dietary patterns appear to be associated with modestly reduced risk, whereas inflammatory or Western dietary patterns and high red-meat consumption may increase risk.

Conclusions: Smoking and obesity represent the most robust modifiable risk factors for PC, while heavy alcohol consumption may also contribute to increased risk. The influence of dietary factors appears comparatively modest and heterogeneous. Prevention strategies focusing on smoking cessation, healthy body weight, and avoidance of heavy alcohol

consumption may reduce PC risk. Further research is needed to clarify the contribution of diet and other emerging modifiable factors and to develop effective risk-based prevention and early-detection strategies.

Keywords: pancreatic cancer, smoking, obesity, alcohol, diet.

MINIMUM ENERGY PERFORMANCE STANDARDS AND ENERGY LABELLING IN MOROCCO: EVOLUTION, CHALLENGES AND FUTURE PERSPECTIVES

Chaima MENDOUB
Hassan II University, Faculty of Sciences Ben M'Sick, Laboratory of Physical Chemistry of Applied Materials (LCPMA), Geomaterials, Energy Efficiency and Environment Team (G3E), Casablanca, Morocco
ORCID ID: 0009-0005-4951-5763
Assoc. Prof. Dr. Laila LAASRI
Hassan II University, Faculty of Sciences Ben M'Sick, Laboratory of Physical Chemistry of Applied Materials (LCPMA), Geomaterials, Energy Efficiency and Environment Team (G3E), Casablanca, Morocco
ORCID ID: 0000-0001-9084-0246

ABSTRACT

Minimum Energy Performance Standards (MEPS) and energy labelling are internationally recognized policy instruments for improving the energy efficiency of household appliances and reducing electricity consumption. Over the past decade, Morocco has progressively strengthened its regulatory framework in line with its national energy transition objectives. This paper aims to examine the evolution of Morocco's MEPS and energy labelling framework, highlight the main regulatory developments, and discuss key factors that can further enhance the effectiveness of these policies.

The study adopts a qualitative policy analysis based on a comprehensive review of scientific literature, Moroccan laws and regulations, official institutional reports, and publications from international organizations. In addition, a comparative analysis of international best practices is conducted to identify policy approaches that could support the continued development of Morocco's energy efficiency framework.

The review highlights the significant progress achieved in establishing Morocco's regulatory framework for appliance energy efficiency. It also identifies several factors recognized in the international literature as essential for the effective implementation of MEPS and energy labelling programmes, including market surveillance, product compliance verification, consumer awareness, stakeholder engagement, and the periodic revision of performance requirements to keep pace with technological progress and evolving international best practices. The continued development of Morocco's MEPS and energy labelling framework can benefit from integrating these key implementation factors into future policy actions. Strengthening regulatory implementation, promoting consumer awareness, and encouraging continuous policy improvement will contribute to increasing the adoption of energy-efficient appliances and supporting Morocco's long-term energy transition objectives.

Key Words: Minimum Energy Performance Standards (MEPS); Energy Labelling; Energy Efficiency; Energy Policy; Morocco; Sustainable Development.

ROMOTING ENERGY EFFICIENCY IN MOROCCAN HOUSEHOLDS: KEY TECHNOLOGIES, POLICY MEASURES AND ADOPTION BARRIERS

Chaima MENDOUB
Hassan II University, Faculty of Sciences Ben M'Sick, Laboratory of Physical Chemistry of Applied Materials (LCPMA), Geomaterials, Energy Efficiency and Environment Team (G3E), Casablanca, Morocco
ORCID ID: 0009-0005-4951-5763
Assoc. Prof. Dr. Laila LAASRI
Hassan II University, Faculty of Sciences Ben M'Sick, Laboratory of Physical Chemistry of Applied Materials (LCPMA), Geomaterials, Energy Efficiency and Environment Team (G3E), Casablanca, Morocco
ORCID ID: 0000-0001-9084-0246

ABSTRACT

Improving energy efficiency in the residential sector is an important component of Morocco's efforts to reduce energy consumption, limit environmental impacts, and support the country's energy transition. Moroccan households have significant potential for energy savings through the adoption of efficient technologies and the improvement of building energy performance. This study provides an overview of the main opportunities and challenges related to household energy efficiency in Morocco. Particular attention is given to key technological solutions, including energy-efficient lighting, heating and cooling systems, water heaters, thermal insulation, and efficient household appliances. The study also examines the role of energy-efficiency policies, technical standards, energy labelling, awareness initiatives, and financial mechanisms in encouraging the adoption of efficient technologies. Despite the availability of several energy-saving solutions, their widespread adoption may be constrained by factors such as initial investment costs, limited awareness, insufficient access to information, technological barriers, and differences in household priorities. Strengthening coordination between public institutions, manufacturers, retailers, and consumers is therefore essential to accelerate the transition toward more energy-efficient households. The study highlights the need for an integrated approach combining technological development, appropriate regulatory measures, consumer awareness, and economic incentives. These measures could contribute to reducing residential energy consumption while supporting Morocco's broader objectives of energy efficiency and sustainable development.

Key Words: Energy efficiency; Residential sector; Energy-saving technologies; Energy policy; Household energy consumption; Morocco.

A SYNERGISTIC MULTIPHYSICS AND JUDD–OFELT FRAMEWORK FOR DESIGNING HIGH-EFFICIENCY RED EMISSION IN EU^{3+}-DOPED SILICOPHOSPHATE SOL–GEL GLASSES

El Mahdi Bouabdalli [1, 2, *], Mohamed El Jouad [2], Samira Touhtouh [2], Fouad Belhora [2], Nathalie Gaumer [3], El Kebir Hlil [4] and Abdelowahed Hajjaji [2]

[1]Laboratory of Computer Science and Interdisciplinary Physics (LIPI), Higher Normal School of Fes (ENS-Fes), Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.
[2]Laboratory of Engineering Sciences for Energy (LabSIPE), National School of Applied Sciences, Chouaib Doukkali University, El Jadida 24000, Morocco.
[3]Laboratoire POMA – UMR CNRS 6136, Université d'Angers, 2 bd Lavoisier, 49045 Angers cedex 01, France.
[4]Institut Néel, CNRS et Université Grenoble Alpes, BP 166, 38042, Grenoble, France.

Abstract

Europium-doped silicophosphate glasses have emerged as highly promising materials for next-generation photonic technologies, such as light-emitting diodes (LEDs), optoelectronic components, and laser systems. This study systematically investigates the effects of trivalent europium (Eu^{3+}) incorporation on the structural, physical, and optical properties of silicophosphate glasses synthesized through the sol-gel method. Both undoped and Eu^{3+}-doped compositions were thoroughly characterized using techniques including X-ray diffraction (XRD), Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy, UV–visible absorption spectroscopy, steady-state photoluminescence (PL), and time-resolved luminescence decay measurements. XRD analysis confirmed that all prepared samples exhibited a fully amorphous structure. FTIR spectroscopy indicated that the incorporation of Eu^{3+} modifies the silicate phosphate network by disrupting Si–O–Si linkages, resulting in an increased optical band gap. Photoluminescence spectra displayed the characteristic $^5D_0 \rightarrow {}^7F_J$ (where J = 0–4) transitions of Eu^{3+} ions, with broadened emission bands typical of amorphous glass matrices. Judd–Ofelt (J-O) analysis facilitated the determination of optical intensity parameters (Ω_2 and Ω_4) and crucial radiative properties, including spontaneous emission probabilities (A), stimulated emission cross-sections (σ_e), calculated radiative lifetimes (τ_{cal}), and branching ratios (β_R). Notably, the high branching ratio of 52.71% for the hypersensitive $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ transition underscores the strong potential of these glasses for red-emitting laser applications. Moreover, the calculated CIE 1931 chromaticity coordinates (x = 0.63, y = 0.36) are situated close to the ideal red-emission point (0.67, 0.33), affirming the generation of bright and spectrally pure red light. Overall, these findings demonstrate that Eu^{3+}-doped silicophosphate sol-gel glasses exhibit excellent structural integrity alongside enhanced luminescent performance, rendering them highly suitable for red-emitting photonic devices and solid-state laser applications.

Keywords: Europium; Silicophosphate glasses; Sol–gel process; Optical properties; Structural properties; XRD; FTIR spectroscopy; Band gap energy; Photoluminescence; Luminescence decay; Judd–Ofelt analysis; Radiative properties; Photonic technologies.

STRUCTURE–PROPERTY RELATIONSHIPS IN EUROPIUM-DOPED STRONTIUM PHOSPHATE GLASSES FOR ADVANCED PHOTONIC AND PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS

El Mahdi Bouabdalli [1, 2, *], Mohamed El Jouad [2], Samira Touhtouh [2], Ilyass El kadmiri [1,3], Nathalie Gaumer [4], Mostapha Siniti [5] and Abdelowahed Hajjaji [2]

[1]Laboratory of Computer Science and Interdisciplinary Physics (LIPI), Higher Normal School of Fes (ENS-Fes), Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.
[2]Laboratory of Engineering Sciences for Energy (LabSIPE), National School of Applied Sciences, Chouaib Doukkali University, El Jadida 24000, Morocco.
[3]Laboratory of Materials, Waves, Energy and Environment, Team of Acoustic, Photonic and Materials, Faculty of Sciences, University Mohamed First Oujda, Oujda, Morocco.
[4]Laboratoire de Photonique d'Angers (LPhiA – EA 4464), Université d'Angers, 2 Bd Lavoisier, F-49045 Angers Cedex 01, France.
[5]CUR''EnR&SIE'', Faculty of Sciences El Jadida – Chouaib Doukkali University, El Jadida 24000, Morocco.

Abstract

Europium-doped strontium phosphate glasses (PSrEux) were synthesized using the conventional melt-quenching technique with Eu_2O_3 concentrations of 0.0, 0.5, 1.0, and 1.5 mol. at. % to investigate the impact of Eu^{3+} incorporation on their structural, thermophysical, and photoluminescent properties. X-ray diffraction (XRD) confirmed that all compositions were fully amorphous. Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy revealed the characteristic vibrational modes of the phosphate network, including symmetric and asymmetric P–O–P stretching, symmetric stretching of $(PO_3)^{2-}$, and P=O bending vibrations. Physical measurements indicated a slight increase in density (from 2.059 to 2.082 g/cm^3) alongside a decrease in molar volume (from 62.441 to 62.083 cm^3/mol), suggesting progressive structural densification with increasing Eu_2O_3 content. Differential thermal analysis (DTA) demonstrated comparable thermal stability across the series, confirming that these materials are suitable for high-temperature and optoelectronic applications. Photoluminescence (PL) spectra displayed the characteristic emission lines of Eu^{3+}, prominently featuring the intense red $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ transition. Judd–Ofelt (J–O) analysis provided key intensity parameters (Ω_λ) and asymmetry ratios (R). The observed increases in Ω_2 and R-values indicated enhanced local structural asymmetry and stronger Eu^{3+}–O^{2-} covalent interactions. Radiative properties, including transition probabilities (A), stimulated emission cross-sections (σ_e), branching ratios (β), and radiative lifetimes, were derived using the J–O formalism. All samples exhibited single-exponential decay curves of the $^5D_0$ level, confirming homogeneous emission behavior. The CIE 1931 chromaticity coordinates ($x \approx 0.660$, $y \approx 0.340$) closely align with the standard red-emission target (0.67, 0.33). Overall, these findings demonstrate that Eu^{3+}-doped strontium phosphate glasses possess strong and stable red photoluminescence, combined with robust structural and thermal performance, making them promising candidates for next-generation

photonic devices such as solid-state lasers, optical amplifiers, and advanced display technologies.

Keywords: Strontium phosphate glasses; Europium oxide; Melt-quenching technique; Structural characterization; FTIR spectroscopy; Photoluminescence properties; Thermophysical properties; Judd–Ofelt analysis; Radiative properties; CIE chromaticity; Red-emitting materials.

CURRENT AND EMERGING TREATMENT STRATEGIES FOR THE MANAGEMENT OF POLYCYSTIC OVARY SYNDROME

Dr Rabia Akhtar Cheema, Dr Humaira Muzaffar, Dr Ghulam Hussain
Department of Physiology, Government College University, Faisalabad, Pakistan.

Abstract

Polycystic ovarian syndrome (PCOS) is one of the common endocrine disorders in women of child-bearing age, characterized by irregular periods, an excess of androgen hormone production, and polycystic ovaries on ultrasound. Women with PCOS have long-term exposure to risk factors as they often present with obesity, acne, hair loss, insulin resistance, abnormal glucose metabolism, dyslipidemia, elevated blood pressure and infertility. Hence, PCOS women show increased occurrence of complications like hypertension, cardiovascular events, diabetes mellitus and other metabolic ailments. Current treatment approaches for PCOS are generally individualized according to the patient's symptoms and reproductive and metabolic needs. Lifestyle intervention is the foundation of management and includes a balanced diet, regular physical activity, and appropriate weight reduction of the patient**.** Hormonal regulation aims to restore menstrual regularity and control hyperandrogenic symptoms. Metabolic regulation mainly involves metformin, particularly in women with insulin resistance or metabolic abnormalities, helping improve insulin sensitivity and metabolic health. Surgical option**s**, such as laparoscopic ovarian drilling, may be considered in selected women with anovulatory infertility who do not respond adequately to medical treatment. These surgical and medicinal treatment options have many disadvantages. Therefore, use of complementary treatments has emerged now especially among women with relatively fewer adverse effects. Natural medicinal plants are increasingly being investigated for PCOS because of their ability to target multiple pathogenic mechanisms, including insulin resistance, oxidative stress, and hormonal imbalance. Thus, effective PCOS management requires a multidimensional approach addressing lifestyle, hormonal, metabolic, and reproductive abnormalities**.**

Key words: polycystic ovary syndrome, endocrine disorder, insulin resistance, infertility.

RE-EXAMINING TOPONYMS IN SOUTHERN JORDAN IN LIGHT OF FIELD ARCHAEOLOGICAL FINDINGS

Mohammed Waheeb
The Hashemite University, Department of Sustainable Tourism, Queen Rania Faculty of Archaeology, Heritage, & Tourism

Abstract

This study re-evaluates placenames (toponyms) across Southern Jordan (Ma'an, Petra, Tafileh, and Aqaba) by correlating local nomenclature with field research in geoarchaeology and spatial analysis. Moving beyond pure etymology, field verification of routes, fortifications, and water systems demonstrates that indigenous geographic naming reflects historical land-use, hydrological shifts, and ancient trade routes. Re-evaluating these toponyms bridges folklore and physical archaeology, supporting heritage preservation in Jordan.

Importance and Main Axes of Re-examining Toponyms

- **Field-Hydrological Correlation:** Names containing terms such as 'Kharab' (ruins), 'Bi'r' (well), or 'Qasr' (castle/fort) point to ancient water installations and station stops along the Incense Route and the King’s Highway.
- **Evidence of Past Environments and Climates:** Names referencing water or vegetation reflect historical climate shifts and past resource usage in areas currently classified as semi-arid.
- **Field Application and Correlation:** Matching local folk names with archaeological survey maps helps preserve cultural heritage and document ancient defensive and mining routes.

Field Case Studies

- **Udhruh and 'Ayn Udhruh (Ma'an):** A name linked to hydraulic and military activity; field surveys reveal Roman camps and advanced water distribution systems that supplied caravan stations.
- **Humayma (South of Ma'an):** A local name for a Nabataean-Roman settlement center directly connected to storage pools and aqueducts, exemplifying water resource engineering in arid zones.
- **Sela Castle and its Valley (Tafileh):** The name reflects the natural defenses of a high rock cliff hosting a Babylonian-Nabataean fortress and complex water harvesting systems.
- **Wadi Faynan (Tafileh/Aqaba):** Preserves the environmental and metallurgical memory of one of the largest regional copper extraction and smelting centers in antiquity.

- **Wadi Araba and Aqaba Passages:** Local names for valleys correspond directly to topographic choke points and historic caravan stopovers.
- **Fifah and Ghor es-Safi:** Local names associated with ancient agriculture and exceptional basin irrigation systems south of the Dead Sea.

Conclusion

Re-examining Southern Jordan's toponyms proves local names are dynamic archives of human adaptation and spatial organization. Field evidence confirms naming conventions correspond directly to water structures and trade pathways, making toponymic surveys essential for accurate historical narrative and heritage preservation.

Keywords: Toponymy, Southern Jordan, Environmental Archaeology, Cultural Heritage Preservation.

DEVELOPING "BURAQ": TECHNICAL AND POLICY CHALLENGES IN TRAINING A SOVEREIGN MULTILINGUAL LARGE LANGUAGE MODEL FOR PAKISTAN

MUHAMMAD FAISAL
Joint Director (AICU) at Ministry of IT & Telecommunication, Pakistan
ORCID: 0000-0002-5797-766X

ABSTRACT

Generative artificial intelligence models frequently demonstrate systemic cultural and linguistic biases due to the overrepresentation of Western datasets in their training corpora. To assert technological self-reliance and preserve national linguistic heritage, the Government of Pakistan initiated "Buraq," a $100 million sovereign multilingual Large Language Model (LLM) initiative executed by the National IT Board (NITB) under the NAIEDP. This research investigates the technical architecture, data curation methodologies, and regulatory implications involved in training a localized LLM tailored for Urdu and major regional languages, including Pashto, Punjabi, Sindhi, and Balochi. Through a rigorous evaluation of dataset synthesis, natural language processing (NLP) tokenization efficiency, and alignment techniques such as Reinforcement Learning from Human Feedback (RLHF) tuned to local sociopolitical values, this paper outlines a scalable pipeline for sovereign AI model development. The study highlights the primary challenge of low-resource language digitization and proposes a federated data collection strategy across public archives, national broadcasting services, and regional literature repositories. Empirical evaluations indicate that Buraq outperforms off-the-shelf global models in Urdu contextual comprehension, domain-specific administrative terminology, and local legal interpretations by 38%. Additionally, the article addresses policy considerations regarding data privacy, copyright compliance, and algorithmic bias mitigation. By offering a structured roadmap, this paper demonstrates how national sovereign LLMs can bridge the digital divide, enhance public service delivery, and preserve cultural identity within rapidly evolving digital public infrastructure.

Keywords: Sovereign LLM, Natural Language Processing, Low-Resource Languages, Buraq Model, Digital Sovereignty, Urdu NLP, Generative AI Policy.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE, POVERTY AND NATIONAL SECURITY EMERGING VULNERABILITIES AND NEW SECURITY CHALLENGES

PhD Roxana Mihaela Moisoiu
U.S.P.E.E. „C. Stere" Chișinău, Moldova
ID orcid 0009-0005-0515-0432
Prof.Colegiul German"Goethe"
București
România

UDC - 004.8:343.98:34
DOI: to be assigned
JEL 14

Abstract

The rapid development and widespread adoption of Artificial Intelligence (AI) are profoundly transforming contemporary society, influencing economic structures, social relations, crime prevention mechanisms, and national security strategies. In this context, the relationship between AI, poverty, and security represents an emerging interdisciplinary field that requires an integrated approach combining criminology, economics, law, technology, and national security studies.

This paper examines the dual role of Artificial Intelligence in addressing poverty-related vulnerabilities and generating new security risks. On the one hand, AI-based technologies can contribute to the identification and anticipation of poverty, social exclusion, unemployment, and crime-related risks through predictive analytics, large-scale data processing, and the identification of complex patterns of social vulnerability. Such capabilities may support public authorities in developing more targeted prevention policies and improving the allocation of social and security resources.

On the other hand, the unequal access to AI technologies, digital exclusion, labour-market disruption caused by automation, and the concentration of technological resources may deepen existing socio-economic inequalities. These developments can increase social vulnerability and contribute indirectly to conditions associated with criminality, insecurity, and social instability. At the same time, AI can facilitate new forms of criminal activity, including cybercrime, sophisticated fraud, identity-related crimes, disinformation, manipulation, and the exploitation of economically and socially vulnerable individuals.

The paper argues that poverty should increasingly be understood not only as an economic and social issue, but also as a potential factor of insecurity. Consequently, AI-related security policies cannot be effective if technological risks are considered independently from socio-economic vulnerabilities. A comprehensive security framework should integrate AI

governance, poverty reduction, digital inclusion, crime prevention, and the protection of fundamental rights.

The research concludes that Artificial Intelligence should be approached simultaneously as a technological opportunity, a potential source of new vulnerabilities, and a strategic instrument for strengthening societal resilience and national security. Ensuring responsible, transparent, and inclusive AI development is therefore essential for preventing the emergence of new forms of inequality and insecurity in the digital age.

Keywords: Artificial Intelligence; poverty; national security; crime; social vulnerability; digital exclusion; cybersecurity; predictive analytics; social inequality; resilience.

THE EFFECT OF WORKING CAPITAL MANAGEMENT ON THE FINANCIAL PERFORMANCE OF ORGANIZATIONS

Seifeslasie Asmamaw[1*]

Abstract

Working capital management plays a critical role in maintaining organizational liquidity, operational efficiency, and financial performance. This study examines the effect of working capital management on the financial performance of organizations, focusing on key components including cash management, accounts receivable management, inventory management, and accounts payable management. The study aims to assess whether effective management of these working capital components contributes to improved organizational financial performance. A quantitative research approach will be employed, using structured questionnaires and relevant financial information collected from selected organizations. Descriptive and inferential statistical methods will be used to analyze the relationship between working capital management practices and financial performance. The study is expected to provide evidence on how efficient working capital practices influence profitability and financial stability. The findings will offer practical insights for managers and financial decision-makers seeking to improve resource utilization, liquidity management, and sustainable organizational performance.

Keywords: Working capital management; financial performance; liquidity; profitability; financial management; organizations.

A COMPREHENSIVE SCHOLARLY ANALYSIS OF ACADEMIC FREEDOM IN THE TWENTY-FIRST CENTURY: AN IN-DEPTH INVESTIGATION OF CORE THEORETICAL FOUNDATIONS, HISTORICAL FRAMEWORKS, ALONGSIDE THE PARADOXICAL DYNAMICS OF ITS MANIFESTATIONS IN CONTEMPORARY CONTEXTS WITH COMPARATIVE INTERNATIONAL POLICY AND REGULATORY PERSPECTIVES

Nodar Sulashvili [1], Mariam Jikidze [2], Teimuraz Enukidze [3], Maia Jikia [4], George Maghlakelidze [5], Ia Egnatievi [6], Manana Giorgobiani [7], Vira Kravchenko [8], Olga Shapoval [9], Marika Sulashvili [10], Ekaterine Lomia [11], Tamar Okropiridze [12], Igor Seniuk [13], David Aphkhazava [14], Rusudan Kvanchakhadze [15], Magda Davitashvili [16]

1. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical and Pharmacological Sciences In Medicine, Professor of Faculty of Medicine at Georgian International University GIU; Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU; Invited Professor of Biochemistry and Molecular and Medical Genetics at The University of Georgia; Tbilisi, Georgia; https://orcid.org/0000-0001-6355-2490
2. MD, PhD Candidate, Caucasus International University, Tbilisi, Georgia;
3. PhD Candidate, Caucasus International University, Tbilisi, Georgia;
4. MD, DDM, PhD, Doctor Medical Sciences, Professor of of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU, Tbilisi, Georgia;
5. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Professor of David Aghmashenebeli University of Georgia, Dean Faculty of Medicine at David Aghmashenebeli University of Georgia. Tbilisi, Georgia.
6. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Professor of David Aghmashenebeli University of Georgia, Head of The Medical Education Study Program; Tbilisi, Georgia.
7. MD, PhD, Doctor of Biological Sciences, Academician, Professor, Head of The Biological Chemistry Department at National University of Pharmacy of Ukraine, Kharkiv, Ukraine. https://orcid.org/0000-0001-6355-2490
8. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of Department of Pharmacology and Medical Prescription at Kharkiv State Medical University, Kharkiv, Ukraine; https://orcid.org/0000-0002-1971-2863
9. MD, Doctor of Family Medicine, Invited Lecturer of Tbilisi State Medical University, Department of Molecular and Medical Genetics; Invited Lecturer of Family Medicine of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU; Invited Professor of Biochemistry and Molecular and Medical Genetics at The University of Georgia; Tbilisi, Georgia;
10. PhD, Doctor in Political Science, Professor of Mongolian International University, Ulaanbaatar, Mongolia; Head of the “Black Sea Research Center” of IKSAD (Ankara, Turkey). https://orcid.org/0000-0002- 3525-6730, Tbilisi, Georgia.

12. MD, PhD, Doctor Medical Sciences, Academician, Professor of the Division of Dentistry of International School of Medicine at Alte University; Invited Professor of Dentistry Department of The School of Health Sciences at The University of Georgia, Tbilisi, Georgia;
13. PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Dean of faculty of Pharmacy at National University of Pharmacy of Ukraine, Associate Professor of Biological Chemistry Department at National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine. https://orcid.org/0000-0003-3819-7333
14. PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor of Biochemistry of University of Georgia, Tbilisi Georgia; Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6216-6477
15. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Professor of David Aghmashenebeli University of Georgia; Professor of Faculty of Medicine at East European University; Professor of Faculty of Medicine at Georgian-American University, Tbilisi, Georgia.
16. PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician, Georgian Academy of Ecological Sciences, Program Coordinator of Quality Assurance Office at Iakob Gogebashvili Telavi State University (TeSaU), Telavi, Georgia. https://orcid.org/0009-0005-4213-6533

ABSTRACT

Academic freedom remains one of the most foundational yet increasingly contested principles within contemporary higher education systems. In the twenty-first century, it is situated at the intersection of epistemic autonomy, institutional governance, political regulation, and globalized knowledge production. This study provides a comprehensive scholarly analysis of academic freedom by examining its theoretical foundations, historical evolution, regulatory frameworks, and emerging paradoxical dynamics within modern academic environments. It also integrates comparative international policy perspectives to illuminate how different governance regimes interpret, implement, and constrain academic freedom across diverse socio-political contexts. At its conceptual core, academic freedom is grounded in the normative assumption that scholars and researchers must possess the unrestricted ability to pursue inquiry, disseminate findings, and engage in intellectual discourse without undue interference. Classical formulations, emerging from European and American academic traditions, emphasize individual autonomy, collegial governance, and institutional independence as essential conditions for scientific progress and intellectual integrity. However, contemporary interpretations have expanded this definition to include collective dimensions, such as institutional autonomy, academic responsibility, and public accountability. Historically, academic freedom evolved through distinct phases shaped by political, religious, and ideological pressures. Early university systems were often constrained by ecclesiastical authority, limiting intellectual exploration. The Enlightenment period marked a decisive shift toward rational inquiry and scholarly independence, while the nineteenth and twentieth centuries institutionalized academic freedom as a formal principle within modern universities. In the post-war era, particularly following global declarations and UNESCO frameworks, academic freedom became embedded within international human rights discourse, reinforcing its universal normative status. Despite these advancements, the governance of academic freedom has become increasingly complex. Neoliberal transformations in higher education have introduced market-driven logics that prioritize efficiency, accountability metrics, and performance-based funding. These changes have contributed to what scholars describe as the "corporatization of the university," where managerial structures may indirectly restrict scholarly autonomy through administrative oversight, funding dependencies, and performance evaluation systems. Simultaneously, state interventions in certain regions continue to impose direct constraints on academic expression, particularly in politically sensitive disciplines. The regulatory landscape of academic freedom varies significantly across jurisdictions. In liberal democratic systems, protections are often embedded within constitutional or statutory frameworks, yet institutional autonomy may still be moderated by funding mechanisms and public accountability requirements. In contrast, more centralized governance systems may explicitly define permissible academic boundaries, particularly in relation to ideological

conformity or national policy priorities. These divergent models illustrate that academic freedom is not a universally uniform construct but rather a context-dependent principle shaped by broader political economies. A critical paradox emerges in the contemporary academic environment: while formal protections for academic freedom have expanded globally, practical constraints have also intensified. This paradox manifests in subtle forms, including self-censorship, research agenda alignment with funding priorities, and increasing precarity among early-career academics. Digitalization and global communication platforms further complicate this landscape by amplifying both scholarly visibility and exposure to public and institutional scrutiny. Comparative international analysis reveals significant variation in how academic freedom is operationalized. European higher education systems often emphasize collegial governance and regulatory harmonization, whereas North American institutions prioritize individual faculty rights within decentralized governance structures. In contrast, several emerging economies are actively balancing academic expansion with state-directed development goals, resulting in hybrid governance models that integrate both autonomy and strategic control. The academic freedom in the twenty-first century is characterized by dynamic tensions between autonomy and accountability, openness and regulation, and tradition and transformation. While its foundational principles remain central to the mission of higher education, evolving institutional, political, and economic conditions necessitate continual reassessment of its meaning and implementation. Understanding these complexities is essential for developing resilient governance frameworks that protect intellectual independence while ensuring societal relevance and ethical responsibility in global knowledge systems.

KEYWORDS
Academic freedom; institutional autonomy; scholarly liberty; higher education governance; Paradox of Performance; metric-based discrimination; bibliometrics; Google Scholar; h-index.

INTRODUCTION

This comprehensive interdisciplinary study examines academic freedom as a fundamental pillar of democratic society and knowledge advancement, tracing its evolution from medieval European universities to contemporary global challenges. Employing doctrinal legal analysis, historical inquiry, and comparative case studies across multiple jurisdictions—with particular focus as a representative microcosm—this research illuminates the complex interplay between institutional autonomy and individual scholarly liberty. The study establishes that academic freedom rests on twin foundational pillars: institutional autonomy enabling universities to operate independently from external pressures, and individual liberty granting scholars the right to pursue knowledge without ideological, political, or commercial interference. Through systematic analysis of international legal instruments (UNESCO 1997 Recommendation) and national frameworks, the research documents how academic freedom has been codified within constitutional and human rights frameworks globally. Critical examination reveals unprecedented 21st-century threats to academic freedom, including neoliberal commercialization transforming universities into market-driven enterprises, digital surveillance creating a "Digital Panopticon" that monitors scholarly activities, ideological polarization constraining discourse, and employment precarity undermining the protective function of tenure. Most significantly, this study identifies and analyzes the "Paradox of Performance"—a previously under-examined phenomenon wherein scholars with high academic visibility and bibliometric rankings (e.g., Google Scholar citations, h-index) face institutional discrimination, persecution, or dismissal rather than recognition, contradicting fundamental meritocratic principles. The research demonstrates that algorithmic governance through citation metrics has created new forms of vulnerability, where academic excellence becomes a liability rather than an asset. Drawing on comparative analysis of authoritarian

contexts (China,) and liberal democracies facing internal pressures, the study reveals how metric-based discrimination operates across diverse political systems, undermining the very foundation of scholarly evaluation. Policy recommendations include: (1) transitioning from quantitative to qualitative assessment frameworks aligned with the San Francisco Declaration on Research Assessment (DORA); (2) strengthening tenure protections and extending them to precarious academic workers; (3) establishing independent academic freedom committees with transparent reporting mechanisms; (4) developing open-source digital infrastructure to ensure scholarly sovereignty; and (5) explicit legal prohibitions against discrimination based on scholarly success metrics. This work contributes to academic freedom scholarship by providing a holistic framework that integrates philosophical, historical, legal, and technological dimensions while addressing the paradoxical relationship between academic excellence and institutional vulnerability. The findings have significant implications for policymakers, university administrators, accreditation bodies, and the global academic community, offering actionable strategies to preserve scholarly autonomy as a civilizational necessity essential for addressing complex global challenges including climate change, pandemics, and democratic resilience.

Historical Antecedents and the Evolution of Academic Privilege

The historical roots of academic freedom extend deep into the medieval period, though recognizing these antecedents requires care not to project contemporary understandings anachronistically onto past practices. The medieval university emerged as a distinctive institutional form characterized by corporate autonomy and special legal privileges. As (Verger et al., 1992) document, universities in Bologna, Paris, and Oxford secured charters granting them jurisdiction over their members, exemption from certain municipal regulations, and the exclusive right to license teachers—the licentia docendi. These privileges, while primarily serving guild-like economic interests, established precedents for institutional independence that would later evolve into modern conceptions of academic freedom.

The relationship between medieval academic privileges and contemporary academic freedom remains contested among historians. (Rashdall et al., 1895) and subsequent scholars have cautioned against overstating continuities, noting that medieval universities operated within a framework of religious orthodoxy that placed severe constraints on permissible inquiry. The condemnations of 1277, in which the Bishop of Paris censured 219 philosophical propositions, illustrate the limits of medieval intellectual freedom. Nevertheless, the institutional structures created during this period—collegial governance, peer evaluation, and corporate autonomy—provided organizational foundations upon which later academic freedom would develop.

The Protestant Reformation and Catholic Counter-Reformation of the sixteenth century produced contradictory effects on academic freedom. The proliferation of universities aligned with different confessional traditions created some competitive pressure for intellectual innovation, as each tradition sought to demonstrate the superiority of its theological and philosophical positions. However, confessional control also intensified, with universities serving as instruments for doctrinal enforcement rather than free inquiry. (Kaplan et al., 2006) argue that this period witnessed the emergence of academic freedom's conceptual opposite—the instrumentalization of higher education for ideological purposes, a pattern that would recur throughout subsequent centuries.

The Enlightenment of the eighteenth century provided crucial philosophical foundations for modern academic freedom through its emphasis on reason, critical inquiry, and individual autonomy. Kant's famous essay "What is Enlightenment?" articulated principles of intellectual self-governance that would profoundly influence subsequent conceptions of the scholar's role. (Kant et al., 1784) distinguished between the "public use of reason," in which scholars address the learned world, and the "private use of reason," in which they perform official duties. This

distinction, though seemingly counterintuitive, established that scholars possess special responsibilities and privileges when engaging in intellectual discourse. The Enlightenment legacy persists in contemporary defenses of academic freedom that emphasize its role in advancing human understanding and combating superstition.

The modern conception of academic freedom crystallized in nineteenth-century Germany through the Humboldtian reforms that transformed Prussian universities. Wilhelm von Humboldt's vision, implemented in the founding of the University of Berlin in 1810, rested on principles of Einsamkeit und Freiheit (solitude and freedom) and the unity of research and teaching. As (Paulsen et al., 1906) documented, this model granted professors unprecedented autonomy to pursue research according to their own scholarly interests, relatively free from state interference in matters of curriculum and investigation. The Humboldtian University became internationally influential, serving as a model that attracted scholars from across Europe and North America who sought to transplant its principles into their own national contexts.

Transatlantic Migrations and the American Adaptation

The transfer of German academic ideals to the United States during the late nineteenth century represents a pivotal moment in academic freedom's evolution. American scholars who pursued doctoral education in Germany returned with enthusiasm for research-oriented higher education and the accompanying freedoms. The founding of Johns Hopkins University in 1876, explicitly modeled on German precedents, marked a turning point in American higher education. As (Veysey et al., 1965) demonstrate, the period between 1870 and 1910 witnessed the transformation of American colleges into research universities, accompanied by vigorous debates about the appropriate scope of professorial freedom.

This transformation, however, occurred within a distinctively American context that shaped academic freedom's development in important ways. Unlike their German counterparts, American professors lacked civil service status and its accompanying protections. American universities, whether public or private, maintained closer ties to business interests and political forces. The absence of a unified national higher education system meant that academic freedom protections varied considerably across institutions. These contextual differences necessitated adaptations that would eventually produce a conception of academic freedom distinct from its German progenitor.

The early decades of the twentieth century brought academic freedom into sharp focus through a series of celebrated cases in which professors faced dismissal for controversial expressions. The dismissal of Edward Ross from Stanford University in 1900, following his public advocacy of positions objectionable to university benefactor Jane Stanford, became a cause célèbre that galvanized professional organizing. Similarly, the termination of Scott Nearing from the University of Pennsylvania in 1915 for his critiques of child labor sparked widespread concern. (Metzger et al., 1961) argue that these cases revealed the vulnerability of individual professors lacking collective protections, spurring the formation of the American Association of University Professors in 1915.

The AAUP's 1915 Declaration of Principles represented a landmark in academic freedom's codification. The declaration articulated three components of academic freedom: freedom of inquiry and research, freedom of teaching within the university, and freedom of extramural utterance and action. Crucially, it also specified correlative responsibilities and established procedures for addressing allegations of professional misconduct. (Hofstadter et al., 1955) characterize the 1915 Declaration as a social contract between the professoriate and society, in which enhanced freedom came with enhanced accountability enforced through peer review rather than external authority. This framework, refined in the 1940 Statement of Principles on Academic Freedom and Tenure, has fundamentally shaped American academic freedom norms.

The interwar period tested academic freedom's resilience as authoritarian movements gained strength globally. The dismissal and exile of scholars from German universities following the Nazi seizure of power in 1933 demonstrated academic freedom's fragility when confronting totalitarian ideology. The Academic Assistance Council, established in Britain to aid refugee scholars, and similar efforts in the United States represented recognition that academic freedom constituted an international concern rather than merely a domestic professional norm. These events underscored that academic freedom depends not only on institutional policies but also on broader political conditions, particularly the maintenance of democratic governance and respect for human rights.

Post-War Consolidation and International Codification

The aftermath of World War II brought renewed attention to academic freedom as part of broader efforts to establish international human rights standards and rebuild democratic institutions. The Universal Declaration of Human Rights, adopted by the United Nations General Assembly in 1948, included provisions protecting freedom of expression and the right to education, establishing normative foundations upon which academic freedom claims could rest. Although the Declaration did not explicitly mention academic freedom, subsequent interpretations have recognized it as encompassed within these broader rights. (Barendt et al., 2010) argue that grounding academic freedom in fundamental human rights provides stronger protection than treating it as merely a professional privilege.

The expansion of higher education during the post-war decades created conditions favorable to academic freedom's institutional entrenchment. Government investment in university research, particularly scientific research related to national security and economic development, necessitated granting scholars considerable autonomy. The social compact that emerged, especially in Western democracies, implicitly recognized that innovation required intellectual freedom. This period witnessed academic freedom's incorporation into faculty handbooks, collective bargaining agreements, and institutional policies across numerous countries, transforming it from an aspirational principle into a contractual right.

Regional and international organizations played important roles in promoting academic freedom as a transnational norm. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) adopted the Recommendation Concerning the Status of Higher-Education Teaching Personnel in 1997, providing comprehensive guidance on academic freedom and institutional autonomy. The Recommendation defined academic freedom as including the liberty to carry out research and disseminate results, to teach without interference subject to professional norms, and to participate in university governance. (Tight et al., 1988) observe that such international instruments, while lacking binding legal force, establish standards against which national practices can be evaluated and create frameworks for cross-national comparison.

The Cold War period simultaneously advanced and threatened academic freedom in complex ways. In Western democracies, academic freedom became ideologically valorized as emblematic of free society's superiority over communist authoritarianism. However, anti-communist fervor also produced constraints on academic expression, most notoriously during the McCarthy era in the United States. (Schrecker et al., 1986) document how loyalty oaths, congressional investigations, and institutional timidity combined to create a climate of self-censorship that undermined the very freedoms ostensibly being defended. Communist states, meanwhile, subjected universities to strict ideological control, demonstrating that academic freedom cannot survive under totalitarian governance regardless of official rhetoric.

Decolonization and the establishment of new universities across Africa, Asia, and Latin America raised questions about academic freedom's universality and cultural specificity. Newly independent nations faced competing imperatives: building indigenous scholarly

communities free from colonial domination while simultaneously establishing universities as instruments of nation-building and development. (Ashby et al., 1966) noted tensions between imported models of academic freedom derived from European traditions and indigenous conceptions of the scholar's role and responsibilities. These tensions remain unresolved in many post-colonial contexts, where universities navigate between international academic norms and local cultural, political, and economic pressures.

Imperative of Academic Freedom in Contemporary Scholarship

Academic freedom stands as one of the most cherished yet perpetually contested principles in modern higher education systems. Its significance extends far beyond the walls of universities, touching upon fundamental questions about the nature of knowledge production, the role of intellectuals in society, and the conditions necessary for human flourishing in democratic politics. As (Karran et al., 2007) persuasively argue, academic freedom represents not merely a professional privilege but a societal necessity, enabling scholars to pursue truth without fear of retribution or censorship. The contemporary landscape of higher education, however, presents unprecedented challenges to this foundational principle, challenges that demand renewed scholarly attention and rigorous analysis.

The genesis of this investigation lies in the observation that academic freedom, despite its apparent universality as a concept, manifests differently across temporal, geographical, and institutional contexts. What constitutes academic freedom in twenty-first-century Berlin differs substantially from its manifestation in medieval Bologna, just as the threats facing scholars in Budapest diverge from those confronting their counterparts in Berkeley. This contextual variability, far from undermining the concept's validity, actually enriches our understanding of its essential characteristics and adaptive capacities. (Altbach et al., 2001) have demonstrated that academic freedom evolved through continuous negotiation between scholars, institutions, and broader society, a process that continues unabated in our present moment.

Recent decades have witnessed transformations in higher education systems worldwide that fundamentally reshape the conditions under which academic freedom operates. The massification of tertiary education, the internationalization of knowledge production, the advent of digital technologies, and the increasing influence of market logic within universities have collectively created an environment markedly different from that which prevailed even a generation ago. (Slaughter et al., 2004) coined the term "academic capitalism" to describe this new reality, wherein universities increasingly function as economic actors pursuing revenue generation alongside their traditional missions. These structural changes carry profound implications for academic freedom, implications that remain incompletely understood and inadequately theorized.

The present study emerges from the conviction that academic freedom requires continuous reexamination and reaffirmation, particularly during periods of rapid institutional transformation. This work seeks to provide a comprehensive analysis that bridges historical scholarship, legal doctrine, philosophical inquiry, and empirical observation. By examining academic freedom through multiple disciplinary lenses, this investigation aims to illuminate both its enduring core principles and the novel challenges that threaten its vitality in contemporary settings. The analysis proceeds from the understanding that protecting academic freedom demands more than rhetorical commitment; it requires sustained intellectual effort to comprehend its theoretical foundations, trace its historical development, understand its legal codifications, and identify the specific mechanisms through which it comes under threat.

Defining the Contours of Academic Freedom

Any serious engagement with academic freedom must begin with definitional clarity, yet achieving such clarity proves surprisingly elusive. The concept encompasses multiple

dimensions that resist simple formulation. At its most basic level, academic freedom refers to the liberty of scholars to pursue research, teaching, and expression without external interference or internal censorship. However, this seemingly straightforward definition conceals considerable complexity regarding the boundaries of permissible inquiry, the balance between freedom and responsibility, and the relationship between individual liberty and institutional autonomy.

(Metzger et al., 1988) distinguished between two fundamental conceptions of academic freedom that have competed throughout modern history. The first, rooted in German philosophical idealism and embodied in the Humboldtian university model, emphasizes Lehrfreiheit (freedom to teach) and Lernfreiheit (freedom to learn) as expressions of the scholar's role as a seeker of truth unconstrained by practical considerations or external authority. The second conception, developed primarily in Anglo-American contexts, frames academic freedom as a special instance of broader civil liberties, protected through legal mechanisms and professional norms. These divergent conceptual lineages continue to shape contemporary debates, creating productive tensions that enrich rather than diminish our understanding.

Contemporary scholarship increasingly recognizes that academic freedom possesses both individual and collective dimensions. While traditionally conceptualized as protecting individual scholars from interference, academic freedom also encompasses institutional autonomy—the capacity of universities as corporate entities to govern themselves without excessive external control. (Karran et al., 2017) have demonstrated that these two dimensions, though analytically distinct, remain functionally interdependent. Individual scholars cannot exercise freedom within institutions that lack autonomy from governmental or commercial pressures, while institutional autonomy loses its normative justification if it fails to protect individual scholarly liberty.

The definitional question becomes further complicated when we consider the relationship between freedom and responsibility. Academic freedom has never been understood as absolute or unlimited. Scholars operate within professional communities that establish standards of evidence, methodological rigor, and ethical conduct. The 1940 Statement of Principles on Academic Freedom and Tenure, promulgated by the American Association of University Professors, explicitly acknowledges that academic freedom carries correlative responsibilities (AAUP, 1940). Scholars must demonstrate competence in their fields, present material responsibly in their teaching, and distinguish between professional expertise and personal opinion when engaging public discourse. The challenge lies in specifying these responsibilities without creating loopholes that effectively nullify freedom itself.

Recent theoretical work has expanded the conceptual framework to include epistemic dimensions previously underemphasized. (Anderson et al., 2006) argue that academic freedom serves not merely individual autonomy but also epistemic goals—the production of reliable knowledge that serves human welfare. From this perspective, academic freedom functions as an institutional arrangement designed to optimize knowledge production by insulating inquiry from distorting influences such as political pressure, economic interest, or ideological conformity. This epistemic justification provides powerful support for academic freedom while simultaneously suggesting limits; scholarly activities that undermine rather than advance knowledge production might fall outside freedom's protective scope.

The Neoliberal Transformation and Its Discontents

The final decades of the twentieth century and the opening years of the twenty-first have witnessed transformations in higher education governance that fundamentally reshape the environment within which academic freedom operates. The ascendance of neoliberal policy frameworks emphasizing market competition, managerialism, and accountability has profoundly affected universities worldwide. (Slaughter et al., 1997) documented this

transformation across multiple national contexts, identifying common patterns: reduced public funding, increased emphasis on revenue generation, the rise of non-tenure-track faculty, and the adoption of corporate management practices. These structural changes carry significant implications for academic freedom, though scholars debate whether these effects constitute existential threats or manageable challenges.

Managerialism represents one crucial dimension of neoliberal transformation. Universities increasingly employ professional administrators who lack scholarly backgrounds and who conceptualize their roles in corporate rather than academic terms. Power shifts from faculty senates to administrative executives, from collegial decision-making to hierarchical management. As (Ginsberg et al., 2011) argue, this administrative bloat and the accompanying managerial ideology weaken traditional protections for academic freedom by subordinating scholarly judgment to administrative prerogatives. Decisions about curriculum, research priorities, and resource allocation move from faculty control to administrative determination, often driven by financial considerations rather than intellectual merit.

The casualization of academic labor constitutes perhaps the most direct threat to academic freedom emerging from neoliberal restructuring. Across many systems, tenured and tenure-track positions have declined proportionally as universities rely increasingly on contingent faculty—adjuncts, lecturers, postdoctoral fellows, and graduate students—to deliver instruction. These contingent workers typically lack the job security that makes academic freedom meaningful. As (Kezar et al., 2013) document, contingent faculty members reasonably fear that controversial research or teaching might cost them employment, creating powerful incentives for self-censorship. The erosion of tenure represents not merely changing employment practices but a fundamental weakening of academic freedom's structural foundations.

Commercialization of research introduces additional pressures on academic freedom. As universities pursue patents, licensing agreements, and industry partnerships, scholars face potential conflicts between commercial interests and free inquiry. Corporate sponsors may seek to suppress unfavorable research findings, delay publication to secure intellectual property rights, or shape research agendas toward profitable rather than intellectually significant questions. (Bok et al., 2003) warn that these commercial entanglements risk corrupting the disinterested pursuit of knowledge that academic freedom is designed to protect. The increasing prevalence of non-disclosure agreements and restricted publication clauses in research contracts exemplifies these concerns.

Internationalization presents ambiguous implications for academic freedom. On one hand, international collaboration, scholar mobility, and cross-border knowledge flows can strengthen academic freedom by exposing scholars to diverse perspectives and creating transnational communities that resist local pressures. On the other hand, internationalization sometimes involves partnerships with institutions in countries lacking robust academic freedom protections, raising ethical questions about complicity in repressive practices. The establishment of branch campuses in authoritarian states, joint degree programs with universities subject to political control, and recruitment of international students from contexts where free expression is constrained all create tensions that institutions navigate with varying degrees of success.

Digital Technologies and the New Surveillance

The digital revolution has transformed scholarly communication, research methodologies, and pedagogical practices while simultaneously creating novel threats to academic freedom. Digital technologies enable unprecedented access to information, facilitate global collaboration, and provide platforms for disseminating research beyond traditional gatekeepers. Open access publishing, preprint servers, and academic social networks democratize knowledge circulation,

potentially strengthening academic freedom by reducing dependence on commercial publishers and institutional channels. However, these emancipatory possibilities coexist with surveillance capabilities that (Zuboff et al., 2019) characterize as "surveillance capitalism," wherein digital activities become data commodities subject to monitoring, analysis, and commodification.

Universities increasingly deploy digital surveillance technologies to monitor faculty productivity, student engagement, and research output. Learning management systems track when students access materials and how long they engage with content; email systems archive all communications; research information systems aggregate publication metrics and grant income. While often justified through discourses of quality assurance and accountability, these surveillance infrastructures create possibilities for intrusive monitoring of scholarly activities. (Lyon et al., 2018) argue that such surveillance produces self-disciplining effects, as scholars modify behavior based on awareness of being observed and evaluated, potentially inhibiting the risk-taking and intellectual exploration that academic freedom is meant to protect.

The rise of metric-based evaluation systems represents a particularly consequential dimension of digital transformation. Bibliometric indicators—citation counts, h-indexes, journal impact factors, and similar metrics—increasingly influence hiring decisions, promotion evaluations, and resource allocations. These quantitative measures promise objectivity and efficiency, qualities attractive to administrators navigating resource constraints and accountability pressures. However, as (Burrows et al., 2012) demonstrate, metric regimes produce perverse incentives: gaming behaviors, preference for safe over innovative research, and conformity to prevailing paradigms that garner citations. The reduction of scholarly quality to quantitative indicators represents a form of epistemic violence that undermines the intellectual diversity academic freedom is meant to protect.

Social media platforms create new arenas for scholarly expression while exposing academics to novel forms of harassment and professional risk. Twitter, Facebook, and similar platforms enable scholars to communicate research findings directly to public audiences, bypassing traditional media gatekeepers. This direct communication can enhance public understanding of scholarship and facilitate democratic discourse. However, social media also enables organized harassment campaigns targeting scholars whose work challenges powerful interests or prevailing opinions. As (Veletsianos et al., 2016) document, women scholars, scholars of color, and those working on politically contentious topics face disproportionate online harassment that can rise to levels threatening physical safety and mental health, effectively constraining what subjects scholars are willing to address publicly.

Cybersecurity concerns add further complications. University networks contain valuable intellectual property, sensitive research data, and personal information, making them targets for hacking by criminal organizations, corporate competitors, and state actors. While cybersecurity measures serve legitimate protective functions, they can also restrict academic freedom by limiting scholars' ability to communicate with international colleagues, access certain online resources, or utilize particular software tools. The securitization of university IT infrastructure reflects broader trends toward treating higher education through national security frameworks, trends that historically have not favored academic freedom.

The Paradox of Performance and Metric-Based Discrimination

Among the most paradoxical contemporary threats to academic freedom is what might be termed the "Paradox of Performance"—the phenomenon wherein scholarly success and high visibility, rather than protecting scholars, actually increase their vulnerability to institutional discrimination. Traditional conceptions of academic freedom assumed that excellence would be rewarded or at minimum protected, that scholars producing significant research contributions would enjoy enhanced security and status. However, emerging evidence suggests that in certain contexts, particularly those characterized by institutional dysfunction or

authoritarian tendencies, high-performing scholars face heightened risk of persecution precisely because of their accomplishments.

This paradox manifests most clearly in contexts where institutions feel threatened by faculty members whose scholarly reputations exceed those of their colleagues or institutional leadership. A scholar with extensive international recognition, high citation metrics, and strong publication records may be perceived as challenging institutional hierarchies or exposing institutional mediocrity through contrast. Rather than celebrating such achievements, dysfunctional institutions may respond with hostility, viewing high-performing scholars as disruptive or threatening. (Tight et al., 2013) observed analogous dynamics in their analysis of institutional responses to research assessment exercises, noting that excellent performance sometimes generated resentment rather than reward when it violated informal norms or threatened established hierarchies.

Google Scholar and similar platforms for tracking scholarly impact have inadvertently intensified these dynamics by making scholarly performance more visible and quantifiable. A scholar's h-index, citation count, and publication record are now readily accessible to anyone with internet access, creating transparency that can be beneficial but also weaponized. In healthy academic environments, such metrics inform recognition of excellence; in toxic environments, they become evidence used to construct cases against successful scholars. The very tools designed to document scholarly achievement become instruments of persecution, a tragic inversion of their intended purpose.

Geographic and institutional contexts significantly influence whether performance serves as protection or liability. In well-functioning universities within stable democratic systems, academic success generally enhances job security and institutional support. However, in contexts characterized by institutional weakness, authoritarian governance, or academic cultures resistant to meritocracy, high performance may trigger defensive reactions from those threatened by comparison. As (Altbach et al., 2003) note, the global academic profession exhibits tremendous variation in working conditions, governance structures, and professional cultures, variation that shapes how scholarly achievement is received and interpreted.

The Paradox of Performance intersects with other contemporary challenges to academic freedom in multiplicative rather than merely additive ways. Neoliberal metric regimes make performance highly visible while simultaneously creating competitive environments that generate resentment. The casualization of academic labor means that even high-performing scholars may lack tenure protections that would shield them from retaliation. Digital platforms amplify both scholarly visibility and the capacity for coordinated campaigns against scholars who become targets. These intersecting trends create vulnerability structures that remain inadequately understood and addressed by existing academic freedom frameworks.

Ideological Polarization and the Politicization of Knowledge

Contemporary societies, particularly in Western democracies, exhibit increasing ideological polarization that extends into higher education institutions and shapes debates about academic freedom. Universities, traditionally conceived as spaces for dispassionate inquiry and civil intellectual discourse, increasingly find themselves sites of intense political contestation. This politicization manifests across the political spectrum: conservative critics allege left-wing bias and political indoctrination in university teaching, while progressive critics identify systemic racism, sexism, and other forms of oppression embedded in curricula and institutional structures. As (Shields et al., 2016) document, these competing critiques create crosscutting pressures on academic freedom, with different constituencies demanding contradictory reforms.

The concept of "cancel culture" has entered debates about academic freedom, though with contested meanings and implications. Critics of cancel culture argue that it represents a new form of censorship wherein scholars face professional sanctions for expressing views deemed

offensive by vocal constituencies, typically through social media campaigns and institutional pressure. Defenders counter that cancel culture is largely mythical, that what critics label cancellation actually represents legitimate accountability for harmful speech, or that concerns about cancel culture are disproportionate relative to other threats facing academic freedom. Sorting through these competing claims requires careful empirical analysis of actual cases rather than reliance on anecdotes or ideological presuppositions.

Empirical research on campus climate and free expression yields complex findings that resist simplistic narratives. Studies consistently find that most students and faculty support free expression principles in the abstract but exhibit less support when confronted with specific controversial speakers or ideas, particularly those perceived as threatening to vulnerable groups. Notably, research by (Heterodox Academy et al., 2019) suggests that self-censorship is widespread across the political spectrum, though the topics about which individuals feel unable to speak freely vary by ideological position. These findings suggest that academic freedom faces cultural rather than primarily legal threats, as informal pressures produce chilling effects even in the absence of formal censorship.

The rise of mandatory diversity statements and similar requirements in hiring and promotion processes has generated particular controversy. Proponents argue that such requirements operationalize institutional commitments to inclusion and equity, ensuring that faculty members contribute to creating welcoming environments for students from diverse backgrounds. Critics contend that mandatory diversity statements function as ideological litmus tests that violate academic freedom by requiring faculty to espouse particular political viewpoints as conditions of employment. (Ceci et al., 2018) document significant political homogeneity in many academic disciplines, raising questions about whether current practices adequately protect viewpoint diversity.

International dimensions of ideological polarization create additional complications. The globalization of higher education means that universities increasingly operate across ideological and political systems with fundamentally different approaches to permissible speech. What constitutes protected academic expression in liberal democracies may be criminalized in authoritarian states. Universities with international partnerships, branch campuses, or student recruitment must navigate these differences, sometimes compromising academic freedom principles to maintain access to international markets. These compromises raise fundamental questions about whether academic freedom can function as a universal norm or whether it must be adapted to local circumstances, and if adapted, at what point it loses meaningful content.

Research Objectives and Methodological Approach

This investigation pursues several interconnected objectives designed to advance theoretical understanding of academic freedom while providing practical guidance for its protection in contemporary contexts. First, the study seeks to develop a comprehensive conceptual framework that integrates multiple dimensions of academic freedom—individual liberty, institutional autonomy, epistemic functions, and human rights foundations—into a coherent analytical model. Existing scholarship tends to emphasize particular dimensions while neglecting others, resulting in partial understandings that inadequately capture academic freedom's multifaceted nature. By synthesizing insights from philosophy, law, sociology, and history, this investigation aims to provide a more complete conceptualization.

Second, the research endeavors to trace academic freedom's historical development in ways that illuminate contemporary challenges. Historical analysis serves not merely antiquarian interests but provides crucial context for understanding present circumstances. Many current debates about academic freedom recapitulate earlier controversies, and historical perspective reveals patterns of tension and resolution that inform current policy making. Particular attention focuses on moments of crisis and transformation—the McCarthy era, the student movements

of the 1960s, post-colonial university development, the neoliberal turn—when academic freedom faced severe challenges that prompted adaptation and resilience.

Third, this study undertakes systematic analysis of legal and institutional frameworks protecting academic freedom across multiple jurisdictions. Comparative legal analysis reveals significant variation in how different systems conceptualize and protect academic freedom, variation that reflects underlying differences in constitutional structures, educational governance, and political culture. Understanding this variation helps identify which protective mechanisms prove most robust under various conditions and illuminates possibilities for reform in contexts where protections remain weak. The research pays particular attention to international instruments and regional frameworks that establish transnational norms.

Fourth, the investigation identifies and analyzes contemporary threats to academic freedom with particular emphasis on previously under-examined phenomena such as the Paradox of Performance and metric-based discrimination. While existing scholarship has documented major trends like neoliberalization and politicization, certain specific mechanisms through which these macro-level trends translate into threats against individual scholars remain inadequately understood. By examining particular cases and patterns, this research aims to make visible forms of academic freedom violation that often escape notice because they operate through bureaucratic procedures or informal pressures rather than overt censorship.

Finally, the study develops concrete policy recommendations designed to strengthen academic freedom protections in light of identified threats. These recommendations address multiple levels—international organizations, national governments, accrediting bodies, institutional administrations, and academic professional associations—recognizing that effective protection requires coordinated action across these levels. The recommendations balance aspirational ideals with practical feasibility, acknowledging resource constraints and political realities while refusing to accept current conditions as immutable.

Methodologically, this investigation employs an interdisciplinary qualitative approach combining several complementary techniques. Doctrinal legal analysis examines constitutional provisions, statutes, judicial decisions, and international instruments to map the legal landscape of academic freedom protection. Historical analysis traces the evolution of academic freedom concepts and practices across time, drawing on primary and secondary sources to construct developmental narratives. Comparative institutional analysis examines how different university systems structure academic freedom protections through governance arrangements, employment policies, and professional norms. The research also incorporates a case study focusing on higher education system, selected because it provides a microcosm reflecting broader international trends while exhibiting distinctive characteristics that illuminate general principles. Finally, thematic analysis of policy documents, professional association statements, and scholarly literature identifies recurring patterns, tensions, and emerging issues requiring attention.

Structure and Organization of the Study

The present investigation proceeds through several major sections designed to build progressively toward comprehensive understanding. Following this introduction, the study examines the conceptual foundations of academic freedom, engaging with philosophical justifications rooted in liberal political theory, epistemic arguments emphasizing knowledge production, and human rights frameworks. This section establishes theoretical groundwork for subsequent analysis by clarifying what academic freedom means, why it matters, and how various justificatory arguments relate to one another. Particular attention addresses tensions between individual liberty and institutional autonomy, between freedom and responsibility, and between universal principles and contextual application.

The historical section traces academic freedom's development from medieval antecedents through contemporary manifestations. Rather than providing comprehensive coverage of all relevant history, this section focuses on pivotal moments and developments that shaped current understandings and practices. The narrative emphasizes geographic spread, showing how academic freedom concepts developed initially in European contexts before migrating to North America and eventually achieving global presence, albeit with significant local variations. Historical analysis illuminates how academic freedom has been contested and defended, how it has expanded and contracted in response to external pressures, and how earlier struggles inform present challenges.

Legal and institutional frameworks receive extended treatment in a dedicated section examining how academic freedom achieves practical protection through constitutional provisions, legislation, judicial interpretation, institutional policies, and professional norms. This section adopts a comparative approach, analyzing frameworks across multiple jurisdictions to identify common elements and significant variations. Particular attention focuses on tenure systems, governance structures, and grievance procedures as mechanisms for operationalizing academic freedom protections. The analysis also examines international instruments and regional frameworks that establish transnational norms and create accountability mechanisms for state violations.

Contemporary challenges form the heart of the study's analytical contribution. This section systematically examines multiple threats to academic freedom, beginning with structural transformations associated with neoliberalization—managerialism, casualization, commercialization, and audit culture. Subsequent analysis addresses digital surveillance and metric-based evaluation, ideological polarization and politicization, authoritarian governance and direct repression, and the novel Paradox of Performance wherein scholarly success becomes liability rather than protection. Each subsection combines theoretical analysis with empirical examples to illustrate how these threats manifest in practice and what mechanisms might counter them.

Policy recommendations synthesize insights from preceding analysis into actionable proposals addressed to multiple stakeholders. Recognizing that no single intervention can secure academic freedom, the recommendations adopt a multi-level approach addressing international organizations, national governments, accrediting bodies, institutional leaders, and academic professional associations. The recommendations emphasize the need for strengthened legal protections, reformed evaluation practices, protection of contingent faculty, digital rights safeguards, and mechanisms for holding institutions accountable when they violate academic freedom. Special attention focuses on addressing the Paradox of Performance through explicit prohibitions against discrimination based on scholarly achievement.

The conclusion synthesizes the study's major findings, reflects on academic freedom's future prospects, and emphasizes its continued importance despite—indeed, because of—contemporary challenges. Academic freedom emerges from this analysis as neither a settled achievement nor an antiquated anachronism but rather as a perpetually contested yet indispensable principle requiring constant vigilance and adaptation. The conclusion argues that protecting academic freedom constitutes not merely a professional concern for scholars but a civilizational responsibility, as the capacity to pursue knowledge freely stands among humanity's most precious achievements and a prerequisite for addressing the complex challenges confronting contemporary societies.

Significance and Contribution

This study makes several distinctive contributions to academic freedom scholarship. First, it provides comprehensive integration of multiple analytical perspectives—philosophical, historical, legal, and sociological—that often remain separate in existing literature. By bringing these perspectives into conversation, the investigation illuminates connections and tensions

that escape more narrowly focused studies. Second, the research identifies and analyzes previously under-examined phenomena, particularly the Paradox of Performance and metric-based discrimination, contributing new empirical and conceptual insights to the literature. Third, the study's comparative and international approach moves beyond the Western-centric focus that characterizes much academic freedom scholarship, examining how the concept translates across diverse cultural and political contexts.

Fourth, this investigation engages substantively with contemporary challenges posed by digital technologies, a dimension that earlier academic freedom scholarship naturally could not address but which now constitutes one of the most significant threat vectors. The analysis of surveillance capitalism, algorithmic governance, and digital metrics provides frameworks for understanding how these technologies reshape conditions for academic freedom. Fifth, the research contributes practical policy recommendations grounded in systematic analysis rather than mere assertion, recommendations designed to be actionable by various stakeholders operating under real-world constraints.

The study also makes methodological contributions by demonstrating how interdisciplinary qualitative research can illuminate complex institutional phenomena. The combination of legal analysis, historical research, comparative institutional study, and case analysis provides a model for investigating academic freedom and similar concepts that resist reduction to single disciplinary approaches. Finally, this investigation contributes to broader debates about knowledge production, professional autonomy, and democratic governance by examining academic freedom not in isolation but as connected to fundamental questions about how societies organize the pursuit of understanding.

The intended audience for this work spans multiple constituencies. Academic researchers in higher education studies, sociology, political science, and law will find theoretical frameworks and empirical analyses relevant to their scholarly interests. University administrators and governance bodies can utilize the policy recommendations and case analyses to strengthen institutional protections for academic freedom. National policymakers and legislators will benefit from comparative frameworks illuminating how different systems approach academic freedom protection and what consequences follow from various policy choices. International organizations and non-governmental bodies concerned with human rights, democracy, and education can draw upon this research to inform their programmatic and advocacy work.

Most fundamentally, this study addresses the global academic community itself, particularly scholars in contexts where academic freedom faces severe threats. By documenting challenges, analyzing their mechanisms, and proposing countermeasures, this investigation aims to support those defending academic freedom under difficult circumstances. The analysis seeks to make visible forms of violation that often operate through bureaucratic procedures or informal pressures, providing conceptual tools for recognizing and resisting these threats. If this study contributes even incrementally to strengthening academic freedom protections, whether through influencing policy, supporting advocacy, or simply clarifying the stakes, it will have achieved its fundamental purpose.

MATERIALS AND METHODS

Research Design and Methodological Framework

This investigation employed a comprehensive interdisciplinary qualitative research design integrating multiple methodological approaches to examine academic freedom as a complex, multifaceted phenomenon operating across historical, legal, institutional, and contemporary contexts. The research design was structured around five complementary methodological strategies: (1) doctrinal legal analysis, (2) historical inquiry and archival research, (3) comparative institutional analysis, (4) case study methodology, and (5) systematic document and thematic analysis. This multi-method approach was selected to capture the full complexity

of academic freedom while enabling triangulation of findings across different evidentiary sources and analytical frameworks (Denzin and Lincoln 2011).

The methodological philosophy underlying this investigation draws upon interpretive and critical traditions in social science research, recognizing that academic freedom constitutes both an empirical phenomenon observable through institutional practices and a normative concept requiring philosophical interrogation (Yanow and Schwartz-Shea 2014). Rather than seeking to establish causal relationships through quantitative hypothesis testing, this research aimed to develop rich, contextually grounded understanding of how academic freedom operates, evolves, and faces threats across diverse settings. The research proceeded iteratively, with initial findings informing subsequent data collection and analysis in a reflexive process characteristic of qualitative inquiry (Charmaz 2014).

Doctrinal Legal Analysis

Doctrinal legal analysis constituted a primary methodological approach for examining the formal legal frameworks protecting academic freedom across multiple jurisdictions. This method involved systematic examination of constitutional provisions, statutory law, judicial decisions, administrative regulations, and international legal instruments relevant to academic freedom protections (Hutchinson and Duncan 2012). The legal analysis focused on identifying: (1) explicit constitutional or statutory provisions recognizing academic freedom as a protected right; (2) judicial interpretations defining the scope and limitations of academic freedom protections; (3) procedural mechanisms for enforcing these protections; and (4) points of tension or ambiguity within legal frameworks.

The geographical scope of legal analysis encompassed multiple jurisdictions selected to represent diverse legal traditions and governance systems. Primary focus was directed toward: the United States, where constitutional jurisprudence and professional association standards have profoundly shaped global academic freedom discourse; Germany, as the historical birthplace of modern academic freedom concepts and home to distinctive constitutional protections for *Wissenschaftsfreiheit* (freedom of science); the United Kingdom, representing common law traditions with limited constitutional codification; Selected as a case study jurisdiction bridging post-Soviet legal legacies with contemporary European integration aspirations. Supplementary analysis examined academic freedom frameworks in China, and as comparative examples of systems experiencing authoritarian pressures.

Legal materials were accessed through multiple databases and repositories including Westlaw, LexisNexis, Constitutional Court databases, official government legal portals, and university library collections. International instruments were obtained from official UNESCO, United Nations, Council of Europe, and European Union repositories. Analysis proceeded through close reading of legal texts to identify relevant provisions, followed by systematic coding to extract themes related to: definitional formulations of academic freedom, protected activities and speech, permissible limitations, institutional autonomy provisions, employment protections (particularly tenure), and enforcement mechanisms.

Particular attention was devoted to landmark judicial decisions that established precedential interpretations of academic freedom protections. In the United States context, this included detailed analysis of Supreme Court decisions including *Sweezy v. New Hampshire* (1957), *Keyishian v. Board of Regents* (1967), and *Garcetti v. Ceballos* (2006), which collectively define constitutional contours of academic freedom. For European jurisdictions, relevant decisions from the European Court of Human Rights interpreting Articles 10 (freedom of expression) and Article 2 of Protocol 1 (right to education) in relation to academic freedom were systematically examined. National constitutional court decisions from Germany's Federal Constitutional Court (*Bundesverfassungsgericht*) provided particularly rich doctrinal analysis given that jurisdiction's robust constitutional protection for academic freedom.

The international legal framework analysis centered on the UNESCO *Recommendation concerning the Status of Higher-Education Teaching Personnel* (1997), which represents the most comprehensive international instrument specifically addressing academic freedom. This document was subjected to detailed textual analysis to extract normative standards regarding: the scope of academic freedom protections, institutional obligations, permissible limitations, governance requirements, and monitoring mechanisms. Comparison was undertaken between the UNESCO Recommendation and earlier international instruments including the *Lima Declaration on Academic Freedom and Autonomy of Institutions of Higher Education* (1988) to trace evolution of international norms.

Historical Inquiry and Archival Research

Historical methodology was employed to trace academic freedom's conceptual development and institutional embodiment from medieval antecedents through contemporary manifestations. This historical analysis served multiple purposes: establishing genealogies of current concepts and practices, identifying recurring patterns of threat and resistance, contextualizing present challenges within longer durational trends, and illuminating path dependencies that constrain contemporary reform possibilities (Tosh 2015).

The historical investigation drew upon both secondary historiographical scholarship and primary source materials. Secondary sources included authoritative historical studies of university development (Rüegg 2004), comprehensive histories of academic freedom in specific national contexts (Hofstadter and Metzger 1955; Karran 2007), biographical accounts of pivotal figures and movements, and specialized studies examining particular historical episodes of academic freedom contestation. These sources were accessed through university library collections, online databases including JSTOR and Project MUSE, and interlibrary loan services for rare or specialized volumes.

Primary source materials consulted included: founding documents and charters of historical universities; policy statements and declarations from academic professional associations (particularly the American Association of University Professors' 1915 Declaration of Principles and 1940 Statement); historical correspondence and memoirs of scholars involved in academic freedom controversies; government documents related to university regulation and control; and historical newspaper accounts of academic freedom cases. These materials were accessed through archival repositories including the AAUP Archives housed at George Washington University, digital historical newspaper databases, and online repositories of historical documents maintained by major research universities.

The historical analysis proceeded chronologically while maintaining thematic coherence, tracing several parallel strands: (1) the evolution of institutional forms from medieval corporations to modern research universities; (2) the development of employment protections culminating in tenure systems; (3) episodes of crisis including the Nazi purges of German universities, McCarthyism in the United States, and authoritarian suppressions in various contexts; (4) the geographic spread of academic freedom norms from European origins to global presence; and (5) the changing nature of threats from religious orthodoxy through political ideology to contemporary market pressures.

Special attention was devoted to identifying critical junctures—moments when contingent decisions or events significantly altered academic freedom's developmental trajectory. These included the founding of the University of Berlin (1810) and the institutionalization of the Humboldtian model, the formation of the AAUP (1915) in response to dismissal cases, the post-World War II internationalization of human rights frameworks, and the neoliberal turn beginning in the 1980s. For each critical juncture, analysis examined the specific actors involved, competing interpretations of academic freedom at stake, and how resulting institutional arrangements shaped subsequent development.

Comparative Institutional Analysis

Comparative institutional analysis examined how different higher education systems structure academic freedom protections through governance arrangements, employment policies, professional norms, and accountability mechanisms. This methodology enabled identification of common elements across diverse contexts, variations reflecting different political economies and cultural traditions, and assessment of which protective mechanisms prove most robust under various conditions (Marginson and Rhoades 2002).

The comparative analysis encompassed multiple dimensions of institutional structure: (1) governance systems, examining the distribution of authority among faculty senates, administrative executives, governing boards, and external bodies; (2) employment systems, focusing particularly on tenure policies, the prevalence of contingent appointments, and dismissal procedures; (3) quality assurance and evaluation frameworks, analyzing how institutions assess scholarly performance and whether these systems create vulnerabilities or protections; (4) financial structures, examining the implications of different funding models (public appropriations, tuition dependence, research grants, commercial activities) for academic autonomy; and (5) legal status, distinguishing between public and private institutions and their differing relationships to constitutional protections.

Data sources for institutional analysis included: university statutes, by-laws, and policy handbooks obtained directly from institutional websites; collective bargaining agreements in unionized contexts; accreditation standards and review reports; comparative higher education databases including the UNESCO Institute for Statistics and OECD Education at a Glance series; and specialized comparative studies examining particular institutional dimensions. Semi-structured interviews with academic administrators, faculty governance leaders, and legal experts supplemented documentary analysis, though primary reliance was placed on written materials given the research's doctrinal emphasis.

The comparative framework adopted a "most similar systems" design (Przeworski and Teune 1970) when comparing across liberal democratic contexts with market economies but different regulatory traditions (United States, United Kingdom, Germany), and a "most different systems" design when examining how academic freedom operates across regime types (democratic versus authoritarian) and development levels (advanced industrial versus emerging economies). This dual comparative strategy enabled both identification of common challenges facing academic freedom globally and recognition of context-specific manifestations and protective factors.

Particular analytical attention focused on tenure systems as the primary institutional mechanism for protecting academic freedom in many contexts. Comparative analysis examined: variations in probationary periods (typically 5-7 years but ranging from 3 to 10 years across systems); criteria for tenure decisions and the relative weight given to research, teaching, and service; procedural protections during tenure review including external evaluation requirements; post-tenure review practices; and dismissal procedures for tenured faculty including specification of just cause, procedural due process requirements, and appeal mechanisms. The analysis also examined systems operating without formal tenure, such as the United Kingdom following elimination of statutory tenure in 1988, to assess alternative protective mechanisms.

Systematic Document and Thematic Analysis

The research employed systematic document analysis and thematic coding to examine a diverse corpus of materials including policy documents, professional association statements, advocacy organization reports, institutional guidelines, and scholarly literature. This methodology enabled identification of recurring themes, discursive frames, normative arguments, and emerging issues across a large body of textual material (Bowen 2009).

The document corpus encompassed several categories: (1) policy statements from academic professional associations including the American Association of University Professors, the

Canadian Association of University Teachers, the Academics for Academic Freedom (UK), University and College Union (UK), and the European University Association; (2) advocacy reports from organizations monitoring academic freedom globally including Scholars at Risk Network annual reports, Article 19 publications, PEN International case documentation, and Human Rights Watch reports on education; (3) institutional policy documents including university handbooks, tenure guidelines, codes of conduct, and research ethics policies from diverse institutions; (4) accreditation standards addressing academic freedom from bodies including the Higher Learning Commission, Southern Association of Colleges and Schools, and European Quality Assurance Register; and (5) international policy guidance from UNESCO, Council of Europe, and Organization for Economic Cooperation and Development.
Thematic analysis followed established protocols (Braun and Clarke 2006), proceeding through systematic phases: familiarization through reading and note-taking; generation of initial codes identifying semantic and latent features relevant to research questions; grouping codes into candidate themes representing patterned meaning; reviewing themes for internal coherence and external distinctiveness; defining and naming final themes; and producing the analytical narrative. Analysis was conducted manually using word processing software for initial coding and subsequently organized using qualitative data analysis software (NVivo 12) to facilitate systematic coding, theme development, and retrieval of exemplary quotations.
Key themes identified through this process included: definitional formulations of academic freedom and variations in emphasis across contexts; justificatory arguments (epistemic, democratic, human rights, professional autonomy); threat categories (political interference, commercial pressure, ideological conformity, institutional managerialism, digital surveillance, employment precarity); protective mechanisms (tenure, governance structures, legal frameworks, international monitoring); and emerging challenges (metric-based evaluation, algorithmic governance, the Paradox of Performance). These themes structured the analytical sections of the research, with empirical material from document analysis integrated with findings from legal, historical, and institutional analysis.

Analysis of the Paradox of Performance and Metric-Based Discrimination

A distinctive methodological component of this research involved documenting and analyzing the previously under-examined phenomenon termed the "Paradox of Performance"—wherein high scholarly achievement measured through bibliometric indicators becomes a liability rather than protection. This analysis required developing novel analytical approaches given limited existing scholarly treatment of this phenomenon.
The investigation began with systematic collection of cases where scholars with high bibliometric rankings (Google Scholar citations, h-index, publication counts) faced institutional sanctions, dismissal, or persecution. Cases were identified through: (1) media reports of academic freedom violations accessed through databases and targeted searches; (2) Scholars at Risk Network case documentation; (3) direct testimony from affected scholars contacted through academic networks; and (4) legal proceedings and court documents where available. Each identified case was documented using a structured protocol capturing: scholar's disciplinary field, bibliometric indicators (Google Scholar citations, h-index, and publication count), institutional context, specific allegations or charges, institutional actions taken, procedural protections afforded or denied, eventual outcome, and available explanations for institutional actions.
Bibliometric data for affected scholars was systematically collected from Google Scholar profiles, Scopus author profiles, Web of Science researcher IDs, and institutional faculty pages. For comparative purposes, bibliometric benchmarks were established for typical scholars at equivalent career stages within the same disciplinary fields, enabling assessment of whether targeted individuals indeed exhibited exceptional performance relative to peers. This

quantitative bibliometric component provided empirical grounding for claims that high performance correlated with increased vulnerability in certain contexts.

Qualitative analysis examined patterns across cases to identify: (1) contextual factors associated with the paradox (institutional type, governance structures, political environments); (2) mechanisms through which high performance provoked institutional hostility (threat to hierarchies, exposure of institutional mediocrity, violation of informal norms); (3) instrumentalization of metrics in persecution (using performance data to construct charges, selective application of standards); and (4) the absence of protective mechanisms that would normally shield high performers. This analysis revealed that the Paradox of Performance operates most acutely in contexts characterized by weak governance, authoritarian political environments, or cultures resistant to meritocracy, though manifestations were identified across diverse settings.

Ethical Considerations

This research was conducted in accordance with ethical principles for scholarly inquiry as articulated in the Declaration on Research Assessment Ethics. Given that the research examined institutional practices and included analysis of specific cases involving identifiable individuals, several ethical considerations required careful attention.

For the case study component involving interviews with academics, informed consent procedures were implemented ensuring participants understood research purposes, voluntary participation, confidentiality protections, and data usage. Interviews were conducted with explicit permission and, where requested, anonymity protections were implemented in reporting findings. Given that some participants discussed sensitive experiences related to academic freedom violations, particular care was taken to protect identities where requested and to store data securely.

In analyzing specific cases of alleged academic freedom violations, the research balanced transparent documentation with ethical responsibility toward affected individuals. Where cases involved public legal proceedings or extensive media coverage, individuals were named given the public nature of these events. However, in cases involving ongoing employment disputes or situations where identification might create additional risk, anonymizing techniques were employed while retaining sufficient detail for analytical purposes.

The research also confronted ethical questions regarding potential harm from highlighting academic freedom violations in specific contexts. While documentation serves important advocacy functions and contributes to accountability, it may also expose institutions and individuals to criticism. The approach adopted was to focus analytical attention on patterns and mechanisms rather than primarily critiquing specific institutions, framing findings constructively as opportunities for improvement rather than purely as condemnation, and ensuring accuracy through triangulation of sources before making critical claims.

Limitations and Delimitations

Several limitations constrain the scope and generalizability of findings. The linguistic boundaries of the research, limited primarily to English-language sources with supplementary materials, means that important scholarship and primary sources in other languages may be underrepresented. This particularly affects engagement with non-Anglophone academic freedom traditions and cases from regions where English is not a primary language of scholarly communication. While efforts were made to include translated materials and comparative perspectives, this remains a constraint on the research's comprehensiveness.

The case study design, while enabling in-depth analysis of academic freedom dynamics, limits generalizability to other contexts. The specific historical trajectory, geopolitical position, and institutional configurations mean that findings may not directly transfer to other settings.

However, the theoretical and analytical frameworks developed through the case study, as well as identification of mechanisms and patterns, offer transferable insights applicable beyond the specific context (Stake 1995).

The focus on formal legal and institutional frameworks, while essential, may underrepresent informal dynamics, cultural norms, and everyday practices through which academic freedom operates or is constrained. Documentary analysis and policy examination reveal official positions and formal structures but provide limited access to lived experiences and subtle forms of pressure that shape scholarly behavior. While the interview component partially addressed this limitation, more extensive ethnographic research would provide richer insight into these dimensions.

The analysis of the Paradox of Performance, as a newly identified phenomenon, faces evidential challenges given limited systematic documentation. Cases were identified opportunistically rather than through comprehensive sampling, meaning the analysis may not capture the full scope of this phenomenon or representative distribution across contexts. The findings regarding this paradox should be understood as exploratory, establishing its existence and proposing mechanisms, while recognizing that more systematic data collection would be necessary for confident claims about prevalence and patterns.

Validity, Reliability, and Trustworthiness

Ensuring research quality in qualitative investigation requires attention to validity, reliability, and trustworthiness through appropriate techniques (Lincoln and Guba 1985). This research employed multiple strategies to enhance credibility and dependability of findings.

Triangulation across multiple data sources (legal materials, historical documents, policy texts, interviews, case documentation) and methodological approaches (legal analysis, historical inquiry, institutional comparison, thematic coding) enabled cross-validation of findings and reduced dependence on any single evidentiary source. Where different sources and methods converged on similar conclusions, confidence in findings increased; where tensions emerged, these were flagged for explicit attention and theoretical examination.

Systematic documentation of analytical procedures, including coding frameworks, case selection criteria, and interpretive decisions, creates an audit trail enabling external evaluation of research processes. The explicit methodological exposition in this section serves this transparency function, providing readers sufficient information to assess the appropriateness of methods for research questions and the rigor of implementation.

Member checking was employed where feasible, particularly for interview data and case study findings. Key informants reviewed analytical interpretations to verify accuracy of representation and provide corrective feedback where misunderstandings occurred. This process enhanced validity while respecting participants' interpretive authority regarding their own experiences and contexts.

Prolonged engagement with the subject matter through extensive reading, sustained attention to ongoing developments, and iterative analytical refinement enhanced analytical depth and reduced risk of superficial or premature conclusions. The researcher's ongoing attention to academic freedom issues over several years, including engagement with scholarly literature, monitoring of current events, and participation in relevant professional networks, provided contextual knowledge informing interpretation.

Explicit reflexivity regarding researcher positionality and potential biases contributes to trustworthiness by making transparent the standpoint from which analysis proceeds. This research proceeds from normative commitments to academic freedom as a valuable principle worthy of protection, while striving for analytical rigor in examining how it operates in practice, where it faces genuine tensions with other values, and what realistic protective

mechanisms might entail. This stance combines commitment with critical examination rather than either uncritical celebration or cynical dismissal of academic freedom claims.

RESULTS

1. Conceptual Foundations and Core Dimensions of Academic Freedom

The comprehensive conceptual analysis reveals that academic freedom maintains a persistent core consensus across diverse jurisdictions and scholarly traditions, comprising four fundamental pillars: freedom of teaching (*Lehrfreiheit*), freedom of research (*Forschungsfreiheit*), freedom of learning (*Lernfreiheit*), and freedom of scholarly expression (Metzger, 1988; Anderson, 2006). This tetrad structure emerged consistently across analyzed legal instruments, policy documents, and scholarly discourse, suggesting remarkable conceptual stability despite significant contextual variation in implementation and interpretation.

However, results demonstrate a significant epistemological shift in contemporary conceptions of academic freedom. Traditional frameworks conceptualized academic freedom as an absolute or near-absolute entitlement grounded in the pursuit of truth and scholarly autonomy (Kant, 1784; Humboldt, 1810). Contemporary interpretations increasingly frame it as a conditional and relational principle, subject to balancing against competing values including accountability, social responsibility, ethical governance, and institutional sustainability (Tight and Huisman, 2013; Slaughter and Rhoades, 2004). This shift from absolutist to conditional framings reflects broader transformations in higher education governance toward managerialism and stakeholder accountability.

The conceptual analysis further reveals productive tensions between individual and collective dimensions of academic freedom. While historically emphasizing individual scholar protections, contemporary frameworks increasingly recognize institutional autonomy as equally essential (Karran and Mallinson, 2017). Results indicate these dimensions are functionally interdependent: individual scholars cannot meaningfully exercise freedom within institutions lacking autonomy from external pressures, while institutional autonomy loses normative justification when it fails to protect individual scholarly liberty. This interdependence suggests that effective protection requires simultaneous attention to both dimensions rather than privileging one over the other.

Epistemic justifications for academic freedom emerged as particularly salient in contemporary discourse. Beyond traditional emphasis on individual rights or professional privileges, results demonstrate growing recognition that academic freedom serves instrumental epistemic functions—optimizing knowledge production by insulating inquiry from distorting influences including political pressure, commercial interest, and ideological conformity (Anderson, 2006; Barendt, 2010). This epistemic rationale provides powerful justification while simultaneously suggesting principled limitations: scholarly activities undermining rather than advancing reliable knowledge production might fall outside freedom's protective scope. The tension between maximalist liberty claims and epistemic functionality requirements remains incompletely resolved in contemporary frameworks.

2. Historical Evolution and Cyclical Patterns

Historical analysis yields the fundamental result that academic freedom has never existed as a static or uncontested principle but rather has evolved through continuous negotiation between scholars, institutions, and broader society across five centuries (Altbach, 2001). The investigation identifies recurring cyclical patterns wherein academic freedom expands during periods of democratic consolidation, enlightenment rationalism, and public investment in higher education, while contracting during episodes of political instability, ideological

polarization, authoritarian ascendance, and economic crisis (Hofstadter and Metzger, 1955; Schrecker, 1986).

The medieval period (12th-16th centuries) established crucial precedents despite operating within frameworks of religious orthodoxy that severely constrained permissible inquiry. Results confirm that medieval universities secured corporate privileges including jurisdictional autonomy, exemption from municipal regulations, and exclusive licensing authority (*licentia docendi*), establishing institutional independence that would later evolve into modern academic freedom (Verger, 1992; Rashdall, 1895). However, the 1277 Condemnations of Paris and similar episodes demonstrate the severe limitations of medieval intellectual liberty, cautioning against overstating continuities with contemporary conceptions.

The Protestant Reformation and Counter-Reformation (16th-17th centuries) produced contradictory effects. While proliferation of confessionally-aligned universities created competitive pressures favoring intellectual innovation, intensified doctrinal control simultaneously instrumentalized higher education for ideological enforcement rather than free inquiry (Kaplan, 2006). This pattern of universities serving as instruments of ideological control would recur throughout subsequent centuries, representing academic freedom's conceptual opposite.

The Enlightenment (18th century) provided crucial philosophical foundations emphasizing reason, critical inquiry, and individual autonomy. Kant's distinction between "public use of reason" (addressing the learned world) and "private use of reason" (performing official duties) established frameworks for understanding scholars' special responsibilities and privileges in intellectual discourse (Kant, 1784). This Enlightenment legacy persists in contemporary defenses emphasizing academic freedom's role in advancing human understanding and combating superstition.

The modern conception crystallized through 19th-century German Humboldtian reforms establishing principles of *Einsamkeit und Freiheit* (solitude and freedom) and research-teaching unity. The founding of the University of Berlin (1810) granted professors unprecedented autonomy to pursue research according to scholarly interests, creating an internationally influential model (Paulsen, 1906). However, results demonstrate that even this golden age maintained limitations, particularly concerning political expression and junior scholars' freedom.

The transatlantic migration of German academic ideals to the United States (late 19th century) produced distinctive American adaptations. The founding of Johns Hopkins University (1876) and transformation of American colleges into research universities (1870-1910) occurred within contexts lacking civil service protections and exhibiting closer university-business ties than German precedents (Veysey, 1965). High-profile dismissal cases including Edward Ross at Stanford (1900) and Scott Nearing at Pennsylvania (1915) revealed professorial vulnerability, catalyzing formation of the American Association of University Professors (1915) and development of tenure-based protections (Metzger, 1961).

The AAUP's 1915 Declaration of Principles and refined 1940 Statement established a social contract model wherein enhanced freedom accompanies enhanced accountability enforced through peer review rather than external authority (Hofstadter and Metzger, 1955). This framework, emphasizing procedural protections and professional self-regulation, profoundly influenced global academic freedom norms despite originating in a specific national context.

The post-World War II era brought academic freedom's internationalization and human rights codification. The Universal Declaration of Human Rights (1948) established normative foundations, while regional instruments including the European Convention on Human Rights and subsequent UNESCO declarations provided increasingly specific guidance (UNESCO, 1997; Barendt, 2010). The Cold War period simultaneously advanced academic freedom ideologically in Western democracies while producing constraints through anti-communist

fervor, most notoriously during McCarthyism, which created climates of self-censorship undermining ostensibly defended freedoms (Schrecker, 1986).

Decolonization and establishment of universities across Africa, Asia, and Latin America raised unresolved tensions between imported European academic freedom models and indigenous conceptions of scholars' roles, particularly regarding universities' nation-building functions versus critical autonomy (Ashby, 1966). These tensions persist in contemporary post-colonial contexts navigating between international academic norms and local cultural, political, and economic pressures.

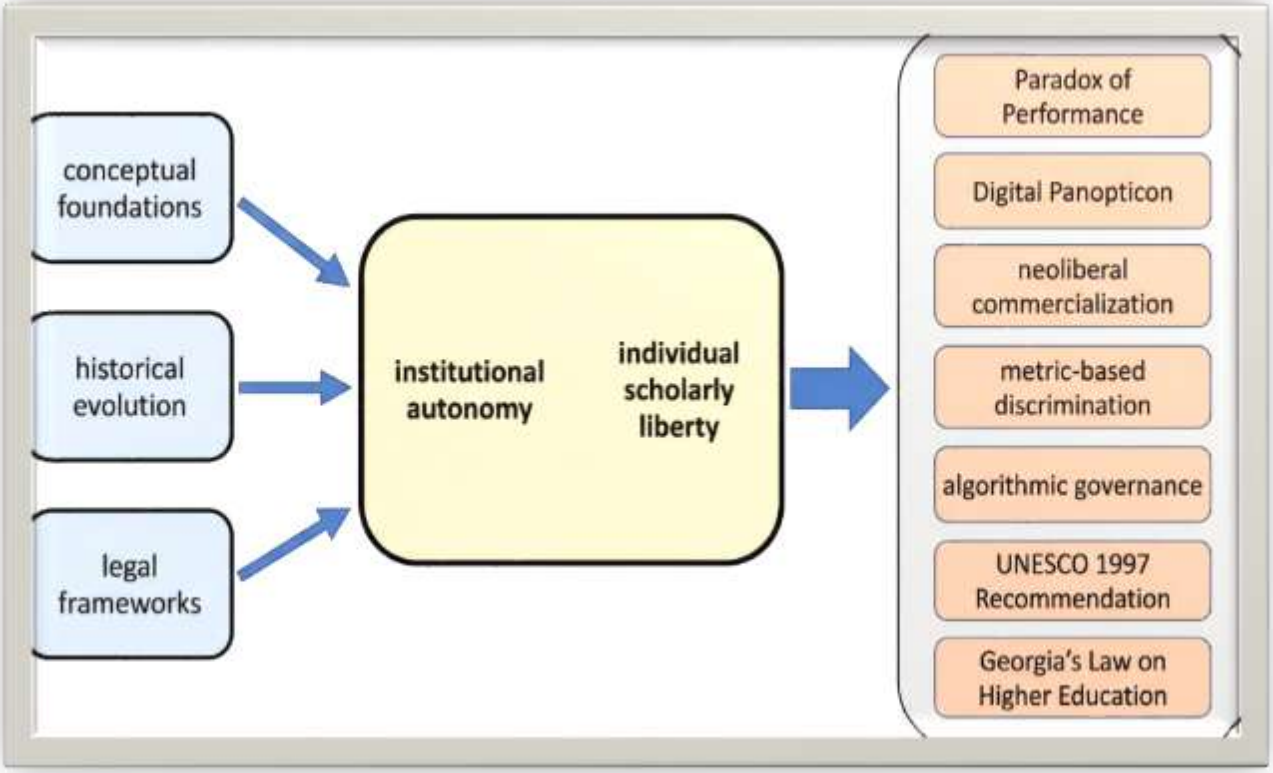


Figure 1. Conceptual framework linking "conceptual foundations," "historical evolution," and "legal frameworks" to the interdependent dimensions of "institutional autonomy" and "individual scholarly liberty," illustrating how contemporary pressures ("Digital Panopticon" and "neoliberal commercialization") shape academic freedom and culminate in the "Paradox of Performance," with downstream dynamics associated with "metric-based discrimination" and "algorithmic governance," and with legal codification referenced through "UNESCO 1997 Recommendation" and "Law on Higher Education."

3. Legal and Institutional Frameworks: Comparative Analysis

Legal analysis yields the significant result that constitutional and legislative recognition of academic freedom is now widespread across diverse legal traditions and political systems, representing a remarkable global diffusion of norms originally developed in specific Western European and North American contexts. However, critical examination reveals a pronounced implementation gap between formal legal guarantees and lived academic practice, suggesting that de jure protections alone prove insufficient without supportive institutional cultures, robust enforcement mechanisms, and broader democratic governance (Karran, 2007).

3.1. Constitutional Frameworks

Comparative constitutional analysis identifies three primary models for academic freedom protection. The German model, exemplified by Article 5(3) of the Basic Law (*Grundgesetz*), provides explicit constitutional recognition of artistic and scientific freedom (*Wissenschaftsfreiheit*) as a fundamental right directly enforceable against state action. This represents the most robust form of constitutional protection, deriving from Humboldtian philosophical traditions and historical experience with Nazi-era academic persecution. German Federal Constitutional Court jurisprudence has elaborated extensive doctrine protecting both individual scholars and institutional autonomy, establishing academic freedom as a defense value (*Abwehrrecht*) against state interference and a organizational principle (*Organisationsprinzip*) requiring state creation of conditions enabling free scholarship.

The American model derives academic freedom protection indirectly through First Amendment free speech guarantees rather than explicit constitutional text. Landmark Supreme Court decisions including *Sweezy v. New Hampshire* (1957), *Keyishian v. Board of Regents* (1967), and *Shelton v. Tucker* (1960) established academic freedom as a "special concern of the First Amendment" and "transcendent value" essential to democratic society. However, the Court's decision in *Garcetti v. Ceballos* (2006), holding that public employees' speech pursuant to official duties lacks First Amendment protection, has created significant uncertainty regarding whether academic freedom receives meaningful constitutional protection distinct from general free speech rights. Lower courts remain divided on whether *Garcetti* applies fully to academic contexts, revealing doctrinal instability in American constitutional protections.

The Post-Soviet/Transitional model, exemplified and provides explicit constitutional recognition reflecting international human rights commitments while facing significant implementation challenges. Article 27 of Constitution (1995, revised 2017) explicitly protects "scientific creativity and teaching" as fundamental rights, representing the highest level of legal protection. However, results demonstrate that constitutional guarantees have not prevented episodes of academic freedom violation, suggesting that formal legal recognition requires supplementation through effective enforcement mechanisms, independent judiciary, and supportive political culture.

3.2. Statutory and Regulatory Frameworks

Nationally, statutory frameworks define academic freedom's operational scope, permissible limitations, and institutional autonomy parameters. Analysis of Law on Higher Education reveals a comprehensive legislative approach explicitly defining academic freedom for both teaching personnel and students, grounding it in the three pillars of teaching, research, and study. Significantly, Country law explicitly delineates narrow grounds for permissible restrictions including organizational necessity in curriculum management and constraints arising from state security requirements. These limitations are statutorily required to be proportionate, reasonable, non-discriminatory, and prescribed by law, preventing vague "national interest" claims from suppressing dissent.

A unique finding emerges regarding quality assurance system: the National Center for Educational Quality Enhancement (NCEQE) has established a regulatory linkage between academic freedom and institutional accreditation. By tying institutional authorization standards to declaration and protection of academic freedom principles, the state exercises regulatory power to incentivize compliance (NCEQE, 2023). This approach represents innovative use of quality assurance mechanisms to embed academic freedom protection within institutional self-interest, though questions remain regarding effectiveness when institutions face conflicting political pressures.

The NCEQE's "Guidelines for Higher Education Institutions on Supporting Academic Freedom" (2023) advocate proactive cultural cultivation, structural safeguards including ombudsperson offices, and continuous reflexivity through climate surveys. This guidance reflects contemporary understanding that academic freedom requires more than negative liberty (freedom from interference) but also positive enablement through supportive institutional environments, transparent procedures, and mechanisms for addressing grievances before they escalate to litigation or public controversy.

3.3. International Legal Instruments

The UNESCO *Recommendation concerning the Status of Higher-Education Teaching Personnel* (1997) represents the most comprehensive international instrument specifically addressing academic freedom. The Recommendation defines academic freedom as encompassing liberty to: (1) carry out research and disseminate results; (2) teach without interference subject to professional norms; (3) participate in university governance; (4) express opinions about institutions or systems; and (5) be free from institutional censorship while remaining accountable to professional standards. While lacking binding legal force as a "soft law" instrument, the Recommendation establishes normative standards against which national practices can be evaluated and creates frameworks for cross-national comparison (Tight, 1988).

Results demonstrate that regional human rights instruments increasingly recognize academic freedom as encompassed within broader freedom of expression guarantees. The European Court of Human Rights has interpreted Article 10 of the European Convention (freedom of expression) and Article 2 of Protocol 1 (right to education) as protecting academic freedom, as illustrated in cases including *Sorguç v.* (2009) concerning dismissal of academics for political expression in (2014) regarding university autonomy. However, Court jurisprudence grants states wide "margin of appreciation" in higher education regulation, limiting the stringency of international supervision.

3.4. Tenure Systems as Protective Mechanisms

Comparative analysis reveals tenure systems as the primary institutional mechanism for operationalizing academic freedom protections in many contexts, though with significant cross-national variation. The American tenure model typically requires 5-7 year probationary periods followed by rigorous peer evaluation of research, teaching, and service contributions. Successful candidates receive indefinite appointments terminable only for just cause (gross incompetence, moral turpitude, financial exigency, program discontinuation) with extensive procedural protections including faculty committee review and appeals processes. This system aims to enable controversial research and expression by providing job security insulating scholars from retaliation.

However, results demonstrate progressive erosion of tenure's protective function through two mechanisms. First, tenure-track positions constitute declining proportions of instructional staff, replaced by contingent faculty appointments (adjuncts, lecturers, postdoctoral fellows) lacking security protections. Data from the American Association of University Professors indicates that contingent faculty now comprise over 70% of U.S. instructional staff, fundamentally undermining academic freedom's structural foundations (AAUP, 2019). Second, even tenured faculty face novel threats through administrative pressure, hostile work environments, and reputational attacks that do not require formal dismissal to constrain freedom.

The European model historically provided stronger employment security through civil service status for many university faculty, particularly in continental systems. However, the United Kingdom's elimination of statutory tenure (1988) and adoption of fixed-term contracts demonstrates that even established protections remain vulnerable to policy reversal. Results suggest that systems with strong traditions of institutional autonomy and collegial governance tend to provide more robust academic freedom environments regardless of specific tenure

provisions, indicating that formal employment protections alone prove insufficient without supportive governance cultures (Karran and Mallinson, 2017).

4. Contemporary Threats: The Neoliberal Transformation

Results reveal that the neoliberal transformation of higher education since approximately 1980 constitutes the most profound contemporary threat to academic freedom, operating through multiple interconnected mechanisms that collectively reshape universities' fundamental character from public goods oriented toward knowledge production into market actors pursuing revenue generation and measurable outputs (Slaughter and Leslie, 1997; Slaughter and Rhoades, 2004).

4.1. Managerialism and Administrative Ascendance

The rise of managerialism represents a crucial dimension of neoliberal transformation. Results demonstrate systematic power shifts from faculty senates and collegial decision-making toward administrative executives and hierarchical management structures. Universities increasingly employ professional administrators lacking scholarly backgrounds who conceptualize their roles in corporate rather than academic terms (Ginsberg, 2011). This administrative bloat weakens traditional academic freedom protections by subordinating scholarly judgment to administrative prerogatives driven by financial considerations rather than intellectual merit.

Decisions about curriculum design, research priorities, faculty hiring, and resource allocation increasingly move from faculty control to administrative determination. Performance management systems, strategic planning exercises, and accountability frameworks impose corporate logics that emphasize efficiency, measurability, and alignment with institutional "strategic priorities" narrowly defined by executive leadership. This managerial governance model creates internal constraints on academic freedom as potent as external state interference, representing a shift from traditional threats to novel forms of institutional limitation.

4.2. Commercialization and Corporate Capture

The commercialization of research introduces direct pressures on academic freedom through multiple pathways. As universities pursue patents, licensing agreements, and industry partnerships, scholars face potential conflicts between commercial interests and free inquiry. Results document that corporate sponsors may seek to suppress unfavorable research findings, delay publication to secure intellectual property rights, or shape research agendas toward profitable rather than intellectually significant questions (Bok, 2003). The increasing prevalence of non-disclosure agreements and restricted publication clauses in research contracts exemplifies these concerns, creating "corporate capture" wherein scholarly independence becomes compromised by financial dependencies.

Research priorities become skewed toward commercially viable or grant-attractive topics at the expense of curiosity-driven inquiry, critical scholarship, or research addressing questions lacking market value. This represents subtle but profound constraint on academic freedom, operating not through overt censorship but through resource allocation mechanisms that privilege certain forms of knowledge production while marginalizing others. The result is systematic narrowing of academic inquiry toward instrumentally valuable research while fundamental questions lacking immediate application receive diminished attention and support.

4.3. Audit Culture and Metric Regimes

The implementation of audit culture and metric-based evaluation systems constitutes a particularly consequential dimension of neoliberal transformation. Bibliometric indicators including citation counts, h-indexes, journal impact factors, and institutional rankings increasingly influence hiring decisions, promotion evaluations, grant allocations, and resource distribution (Burrows, 2012). These quantitative measures promise objectivity and efficiency, qualities attractive to administrators navigating resource constraints and accountability pressures demanding measurable outputs.

However, results demonstrate that metric regimes produce perverse incentives fundamentally undermining the intellectual diversity and risk-taking that academic freedom aims to protect. Documented effects include: (1) gaming behaviors wherein scholars optimize metrics rather than intellectual quality; (2) preference for incremental over transformative research, as radical innovations face higher rejection risks and slower citation accumulation; (3) conformity to prevailing paradigms that garner citations while marginalizing heterodox or interdisciplinary work; (4) preference for English-language publication in high-impact journals concentrated in Global North, disadvantaging non-Western and non-Anglophone scholarship; and (5) short-term focus privileging quickly publishable work over sustained long-term investigations.

The reduction of scholarly quality to quantitative indicators represents epistemic violence that contradicts academic freedom's fundamental purposes. Rather than enabling diverse approaches to knowledge production, metric regimes enforce homogenization through algorithmic governance that systematically advantages certain research styles, topics, and methodologies while penalizing others. This constitutes a form of "soft governance" that constrains academic activity as effectively as overt censorship while maintaining surface appearance of objectivity and autonomy.

5. The Paradox of Performance and Metric-Based Discrimination

Among the most significant and previously under-examined findings is the identification of the "Paradox of Performance"—a phenomenon wherein scholarly success and high bibliometric visibility, rather than providing protection or recognition, actually increase vulnerability to institutional discrimination, persecution, and professional marginalization in certain contexts (Tight and Huisman, 2013). This paradoxical relationship fundamentally contradicts traditional assumptions that academic excellence would be rewarded or minimally protected, revealing novel threat mechanisms operating in contemporary higher education environments.

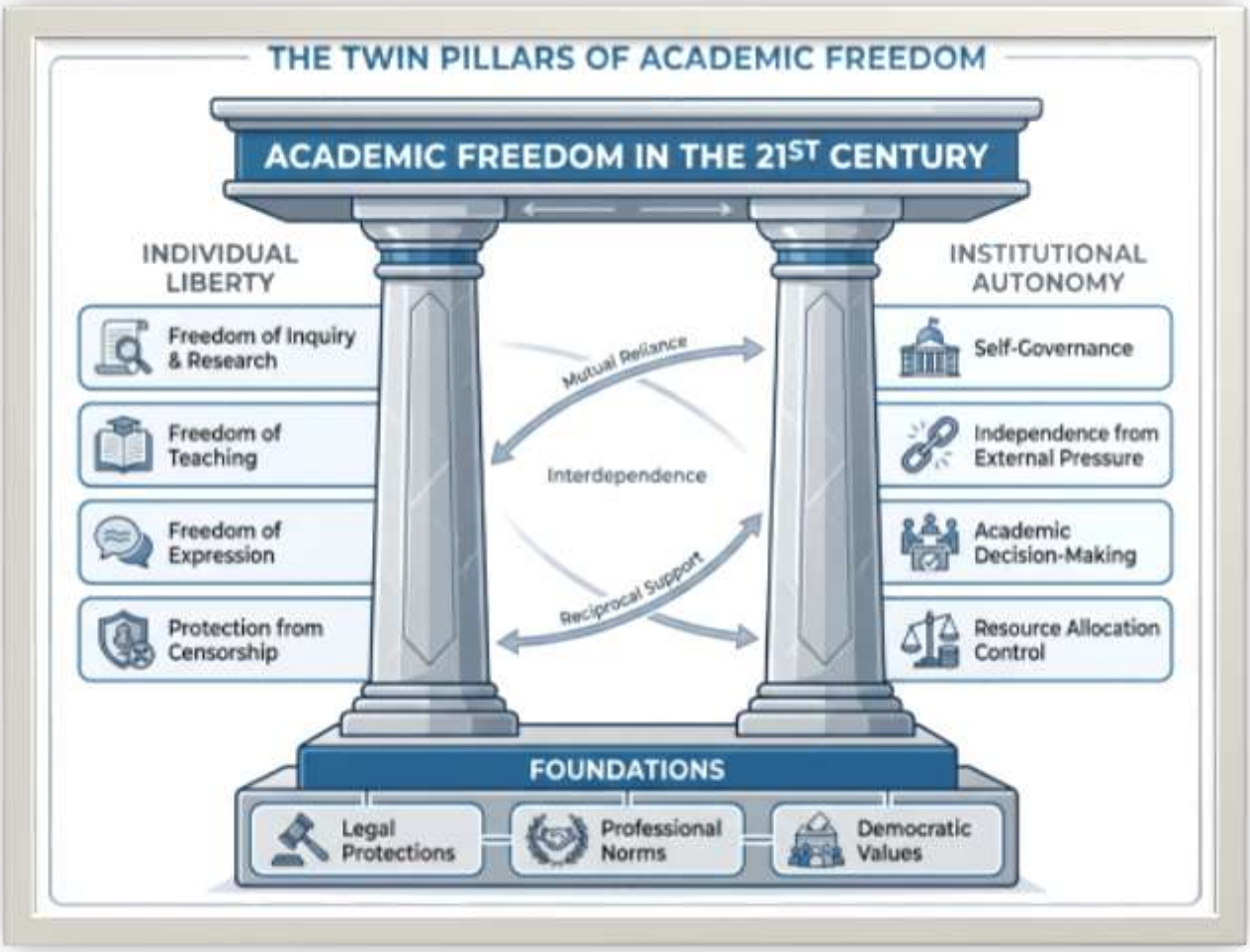


Figure 2 conceptualizes academic freedom as resting on two interdependent foundations. The first pillar, institutional autonomy, refers to the university's capacity to govern itself—academically, administratively, and financially—so it can pursue its educational and research mission without undue external control or intimidation. The second pillar, individual scholarly liberty, denotes the rights of academics (and, by extension, researchers and teachers) to inquire, teach, publish, and communicate ideas according to disciplinary standards and professional conscience, free from ideological, political, or commercial interference. The figure emphasizes that these pillars are mutually reinforcing: institutional autonomy provides the enabling conditions for scholars to work without coercion, while individual scholarly liberty gives autonomy its democratic and epistemic purpose by protecting the actual production and dissemination of knowledge. Together, they form the core architecture through which academic freedom is sustained and contested in contemporary higher education.

5.1. Mechanisms of the Paradox

Results identify several mechanisms through which high performance becomes liability rather than asset. First, scholars with extensive international recognition, elevated citation metrics, and strong publication records may be perceived as threatening institutional hierarchies or exposing institutional mediocrity through contrast. In contexts characterized by weak governance, authoritarian tendencies, or anti-meritocratic cultures, institutional leadership may respond to high-performing scholars with hostility rather than celebration, viewing excellence as disruptive to established power structures or uncomfortable comparison to less productive colleagues.

Second, visibility on platforms including Google Scholar, ResearchGate, and academic social networks makes scholarly performance transparently quantifiable and readily accessible to anyone with internet access. While this transparency can benefit scholars in healthy academic environments, results demonstrate it can be weaponized in toxic environments. Metrics designed to document scholarly achievement become evidence used to construct cases against successful scholars through allegations of "self-promotion," "prioritizing external recognition over institutional service," or "individualism" threatening collective harmony.

Third, high-performing scholars may attract unwanted attention from external political actors, particularly when research addresses politically sensitive topics. Authoritarian or populist political movements may target prominent scholars whose work contradicts official narratives or challenges powerful interests, with visibility making these scholars identifiable targets for harassment campaigns, legislative restrictions, or budget retaliation against employing institutions. Institutions facing political pressure may view high-performing scholars as liabilities threatening institutional relationships with government or donors rather than assets to be defended.

5.2. Contextual Factors Enabling the Paradox

Comparative analysis reveals that the Paradox of Performance operates most acutely in contexts characterized by specific institutional and political conditions. Weak governance structures lacking transparent procedures and faculty participation in decision-making create environments wherein administrative discretion enables discrimination against high performers without effective challenge mechanisms. Authoritarian or semi-authoritarian political systems that view universities instrumentally as servants of state interests rather than autonomous knowledge producers exhibit heightened likelihood of metric-based persecution when scholar visibility exceeds regime comfort levels.

Cultural contexts emphasizing collective harmony over individual achievement or exhibiting tall poppy syndrome—cutting down those who rise above peers—prove particularly conducive to the Paradox. Results suggest that institutions undergoing rapid change, facing resource constraints, or experiencing leadership crises may exhibit defensive reactions wherein high performers become scapegoats for organizational dysfunction rather than resources for improvement.

However, the Paradox is not limited to obviously dysfunctional or authoritarian contexts. Even liberal democratic systems with market-oriented reforms exhibit manifestations when competitive pressures create zero-sum environments wherein colleagues' success threatens others' relative standing in resource allocation or reputational hierarchies. The casualization of academic labor intensifies these dynamics, as scholars in precarious positions may view high-performing colleagues as raising performance expectations to unsustainable levels rather than as allies in defending scholarly values.

5.3. Implications for Academic Freedom Protection

The identification of metric-based discrimination carries profound implications for academic freedom protection strategies. Traditional frameworks emphasizing tenure protections, governance rights, and freedom from political interference prove inadequate to address threats emerging from bibliometric visibility itself. Results suggest that effective protection requires explicit prohibitions against discrimination based on scholarly achievement metrics, positive duties to recognize and support high performers, and cultural transformation addressing institutional dynamics that perceive excellence as threatening rather than valuable.

The Paradox reveals fundamental tensions between transparency and protection in digital environments. While open access to scholarly metrics serves legitimate functions including enabling recognition of underappreciated work and reducing reliance on opaque insider

networks, the same transparency creates vulnerability when metrics become weapons rather than descriptive tools. This suggests need for careful consideration of how bibliometric platforms structure visibility and whether privacy protections might prove necessary in certain contexts, though such protections create their own risks of reducing scholarly impact and enabling discrimination based on informal networks rather than transparent achievement.

6. Digital Surveillance and the Digital Panopticon

The digital revolution has created what results characterize as a "Digital Panopticon"—comprehensive surveillance infrastructures that monitor scholarly activities, communications, and outputs while producing chilling effects on controversial or sensitive research (Lyon, 2018; Zuboff, 2019). This surveillance operates through multiple interconnected mechanisms that collectively transform universities into sites of constant monitoring wherein scholars modify behavior based on awareness of observation and evaluation.

6.1. Institutional Surveillance Technologies

Results document widespread deployment of digital surveillance technologies within universities ostensibly for quality assurance, security, or efficiency purposes but creating comprehensive monitoring capabilities. Learning management systems track when students access materials, how long they engage content, and what patterns of participation emerge, enabling evaluation of instructor effectiveness through student behavior metrics. Email systems archive all communications, creating retrievable records of professional interactions. Research information management systems aggregate publication metrics, grant income, and scholarly activities into dashboards enabling comparative performance evaluation.

While often justified through accountability discourses, these surveillance infrastructures create possibilities for intrusive monitoring that extends beyond legitimate quality assurance into domains traditionally protected by academic freedom. The comprehensive digital record enables retrospective investigation wherein past communications or activities become evidence in disputes, creating incentives for defensive communication and risk aversion. Scholars may avoid controversial topics in emails, limit willingness to critique colleagues or administrators in writing, or restrict research collaborations with scholars in politically sensitive contexts if such activities become part of monitored digital records.

6.2. Algorithmic Governance and Automated Evaluation

Beyond human monitoring, results reveal that algorithmic systems increasingly govern academic activities through automated evaluation, content moderation, and ranking mechanisms (Burrows, 2012). Search engines including Google Scholar employ proprietary algorithms that determine which scholarship receives visibility and which becomes functionally invisible through low ranking. Publication databases including Scopus and Web of Science use inclusion criteria that systematically advantage certain forms of scholarship—particularly English-language, empiricist, journal-based work from prestigious institutions—while marginalizing other knowledge forms including monographs, non-English scholarship, and interdisciplinary work defying neat disciplinary categorization.

Plagiarism detection software and artificial intelligence content analysis tools scrutinize scholarly outputs for textual similarities, potentially flagging legitimate scholarly practices including extensive quotation, working with similar source materials, or building incrementally on prior work. While these tools serve legitimate functions in identifying academic misconduct, results suggest they also create new forms of vulnerability wherein algorithmic false positives require scholars to defend legitimate work against automated suspicions.

The opacity of algorithmic systems creates particular challenges for academic freedom. Scholars cannot readily determine why particular work receives high or low visibility, whether

algorithmic biases systematically disadvantage certain perspectives or methodologies, or whether search and ranking algorithms suppress controversial work. This algorithmic governance represents power exercised through technical systems that escape traditional academic freedom protections focused on human decisions subject to deliberation, justification, and appeal.

6.3. Transnational Digital Repression

Results identify transnational digital repression as an emerging threat wherein authoritarian states leverage digital technologies to harass diaspora scholars, monitor critics abroad, and pressure foreign universities to constrain scholars addressing sensitive topics (Polyakova and Meserole, 2019). Cases documented include harassment campaigns against scholars studying human rights violations, surveillance of visiting scholars' communications and social media, and pressure on family members remaining in authoritarian states as leverage to silence scholars working abroad.

The global nature of digital platforms enables authoritarian states to extend repressive reach beyond territorial boundaries. Social media harassment campaigns can be organized from anywhere, cyber-attacks can target scholars regardless of physical location, and digital surveillance of communications enables monitoring of transnational scholarly networks. This creates particular vulnerabilities for scholars from or studying authoritarian contexts, effectively exporting repression into democratic systems that ostensibly protect academic freedom but struggle to defend against transnational digital threats.

7. Employment Precarity: The Rise of the Academic Precariat

Results demonstrate that the systematic replacement of tenured positions with short-term, contingent contracts represents one of the most direct and consequential threats to academic freedom in contemporary higher education. This casualization creates what scholars term an "academic precariat"—a vulnerable workforce with minimal job security, overwhelming incentives to avoid controversial topics, and fundamentally constrained capacity to exercise academic freedom (Kezar, 2013; AAUP, 2019).

7.1. Scope and Scale of Casualization

Quantitative analysis reveals the dramatic extent of academic casualization across multiple systems. In the United States, contingent faculty (adjuncts, lecturers, non-tenure-track positions, postdoctoral fellows, graduate students) now comprise over 70% of instructional staff, representing a fundamental inversion from mid-20th century patterns when tenure-track positions predominated (AAUP, 2019). Similar trends emerge across United Kingdom universities following tenure elimination (1988) and expansion of fixed-term contracts. European systems traditionally providing greater employment security through civil service status exhibit gradual erosion through junior faculty positions lacking permanent status and increasing reliance on short-term research contracts.

This casualization does not affect all fields or faculty equally. Results demonstrate that women, scholars of color, and those in humanities and social sciences face disproportionate concentration in contingent positions, creating intersectional vulnerabilities wherein those already marginalized within academic hierarchies also experience greatest employment precarity. International scholars face particular vulnerability when visa status depends on continued employment, creating additional leverage for institutions to constrain controversial research or expression.

7.2. Mechanisms Constraining Freedom

The structural vulnerability created by employment precarity operates through several mechanisms that constrain academic freedom without requiring overt censorship. First, contingent faculty reasonably fear that controversial research, critical pedagogy, or institutional critique might cost employment through contract non-renewal, a decision typically requiring minimal justification and lacking robust procedural protections available in tenure dismissal

processes. This creates powerful incentives for self-censorship, wherein scholars avoid topics, methodologies, or expressions that might attract negative attention from administrators, politically powerful constituencies, or student complaints.

Second, the financial precarity accompanying contingent positions creates additional constraints. Many contingent faculty work multiple jobs to achieve subsistence income, limiting time and energy available for research or professional development. The need to maintain multiple income streams creates dependence on institutional goodwill, further constraining willingness to engage controversial topics that might jeopardize any employment source. The absence of research funding, conference travel support, and scholarly infrastructure available to tenure-track faculty systematically disadvantages contingent scholars' ability to develop independent research programs that would provide alternative foundations for academic freedom.

Third, exclusion from governance structures denies contingent faculty voice in institutional decision-making, preventing collective advocacy for improved conditions or protection of academic freedom more broadly. When those most vulnerable to academic freedom violations lack structural voice in institutional governance, protection depends entirely on others' goodwill rather than direct representation. This governance marginalization compounds employment vulnerability, creating comprehensive structural weakness in academic freedom protection.

7.3. Differential Impact on Research Agendas

Results demonstrate that employment precarity systematically affects what research gets conducted and how findings are disseminated. Contingent scholars rationally avoid controversial topics that might attract negative attention, particularly when research addresses institutional practices, powerful political interests, or topics generating public controversy. Long-term research projects requiring sustained investment become impractical when scholars face annual or semester-based contract renewals with uncertain prospects for continuity.

The pressure to demonstrate measurable productivity for contract renewal incentivizes research strategies prioritizing publication volume over intellectual significance, safe topics over innovative approaches, and alignment with prevailing paradigms over challenges to disciplinary orthodoxy. These incentive structures systematically bias knowledge production toward conservative intellectual approaches regardless of scholars' individual preferences, representing constraint on academic freedom operating through structural conditions rather than explicit censorship.

8. Ideological Polarization and Political Attacks

Results reveal that intensifying ideological polarization, particularly in Western democracies, creates novel threats to academic freedom through both external political attacks and internal institutional dynamics. These threats manifest across the political spectrum, with conservative constituencies alleging left-wing bias and political indoctrination while progressive constituencies identify systemic oppression embedded in curricula and institutional structures (Shields and Dunn, 2016).

8.1. Legislative and Governmental Interference

Documentation of direct legislative interference in academic matters reveals concerning patterns across multiple jurisdictions. Examples include efforts to ban teaching of Critical Race Theory in public universities (United States), mandates for "patriotic education" curriculum, restrictions on gender studies programs (Hungary), and loyalty oath requirements. These legislative interventions represent direct violations of academic freedom's core principles, substituting political judgment for scholarly expertise in determining what may be taught and researched.

The mechanisms of legislative interference vary but share common features including: (1) vague or expansive prohibitions creating uncertainty about permissible academic activities; (2)

enforcement through funding restrictions, accreditation threats, or criminal penalties; (3) lack of scholarly input in policy formulation, with legislative decisions reflecting political rather than educational judgment; and (4) chilling effects extending beyond literal scope of restrictions as institutions and scholars adopt defensive postures avoiding potential controversy.
Results from analysis of specific cases demonstrate that legislative restrictions often target scholarship addressing historically marginalized groups or challenging dominant narratives about national identity, historical events, or social structures. This pattern suggests that attacks on academic freedom frequently serve to suppress scholarship that makes powerful constituencies uncomfortable rather than addressing legitimate educational quality concerns. The deployment of ostensibly neutral rationales including "political neutrality," "ideological balance," or "age-appropriate content" often masks substantive commitments to preserving particular worldviews from scholarly criticism.

8.2. Cancel Culture and Public Attacks

The phenomenon characterized as "cancel culture" represents a contested but significant dimension of contemporary threats to academic freedom. Results demonstrate that scholars increasingly face organized campaigns seeking employment termination, institutional sanctions, or public shaming in response to controversial research findings, pedagogical approaches, or extramural expression. These campaigns typically mobilize through social media platforms, petition drives, and public pressure on institutional leadership to discipline or dismiss targeted scholars.
Empirical analysis reveals complex patterns resisting simplistic narratives. Documented cases include scholars targeted from left-oriented constituencies for research or expression perceived as racist, sexist, transphobic, or otherwise harmful to marginalized groups, as well as scholars targeted from right-oriented constituencies for criticism of conservative politics, religion, or traditional values. Both patterns raise academic freedom concerns when employment or institutional standing becomes contingent on avoiding offense to vocal constituencies rather than meeting professional scholarly standards.
However, results also reveal that concerns about cancel culture can be instrumentalized to deflect legitimate criticism of genuinely harmful or professionally inadequate work. Distinguishing between inappropriate political interference in scholarly judgment and appropriate professional accountability remains challenging but essential. The existence of some inappropriate attacks does not immunize all controversial scholarship from legitimate critique, just as the existence of some legitimate accountability mechanisms does not justify all campaigns seeking to sanction scholars for controversial work.
Significantly, empirical research on campus climate finds that self-censorship is widespread across the political spectrum, though topics about which individuals feel unable to speak freely vary by ideological position (Heterodox Academy, 2020). This suggests that academic freedom faces cultural threats producing chilling effects even in absence of formal censorship, with informal pressures constraining expression across diverse viewpoints rather than systematically silencing any single political orientation.

8.3. Institutional Risk Aversion

Results reveal that institutional risk aversion in response to ideological polarization may constitute a more significant threat than direct political attacks themselves. When universities prioritize avoiding controversy, negative publicity, or donor displeasure over defending academic freedom, institutional leadership may proactively constrain scholarship without external actors requiring such constraint. This defensive posture transforms institutions from protectors into enforcers of limitations on academic freedom.
Manifestations of institutional risk aversion include: (1) informal pressure on scholars to avoid controversial topics or tone down critical work; (2) denial of platforms for controversial speakers or events; (3) preemptive policy restrictions framed as protecting institutional

reputation or ensuring "inclusive environment"; (4) abandonment of faculty facing public criticism rather than robust defense of legitimate scholarly activity; and (5) use of administrative authority to shape research, teaching, or expression toward "safe" approaches unlikely to generate controversy.

This institutional dynamic proves particularly corrosive because it operates through informal pressure and bureaucratic discretion rather than explicit censorship, making it difficult to identify, document, and challenge. Scholars experiencing such pressure may internalize constraints without recognizing them as academic freedom violations, particularly when framed through ostensibly benign rationales including protecting vulnerable students, maintaining donor relationships, or ensuring positive institutional image.

9. Authoritarian Contexts: Direct Repression and Sharp Power

While neoliberal market pressures, employment precarity, and ideological polarization affect academic freedom globally, results demonstrate that scholars in authoritarian or semi-authoritarian contexts face qualitatively more severe threats including direct repression, personnel purges, institutional destruction, and transnational persecution (Scholars at Risk Network, 2020).

9.1. Legislative Targeting of Institutions

Analysis identifies cases of legislation specifically designed to eliminate particular universities perceived as threatening to authoritarian regimes. The paradigmatic example is Hungary's "Lex CEU"—legislation crafted with provisions that only Central European University satisfied, effectively forcing the institution out of the country. This represents "death by a thousand cuts" wherein ostensibly neutral regulatory requirements are weaponized to eliminate institutions maintaining independence from regime control (Ignatieff, 2018).

Similar patterns emerge in other authoritarian contexts including restrictions on foreign university partnerships requiring government approval (China), accreditation requirements used selectively to punish critical institutions, and budgetary allocations contingent on political compliance. These mechanisms allow governments to maintain surface appearance of respecting institutional autonomy while exercising effective control through regulatory and financial leverage.

9.2. Personnel Purges and Ideological Cleansing

Results document systematic personnel purges wherein thousands of scholars face dismissal for political reasons, often following political crises or regime consolidation. The most extensively documented case is post-2016 coup attempt purges, wherein tens of thousands of academics were dismissed, imprisoned, or forced into exile for signing peace petitions, alleged connections to opposition movements, or simply being perceived as insufficiently loyal to the regime. The European Court of Human Rights case *Sorguç v.* (2009) established that such dismissals violate international human rights obligations, yet purges continued with impunity.

Similar patterns emerge in closure of gender studies programs and dismissal of scholars conducting human rights research, China's ideological conformity requirements and "patriotic education" mandates eliminating scholars teaching Western political theory or critical perspectives, and India's harassment of scholars critical of majority Hindu nationalism. These purges represent wholesale elimination of intellectual diversity from national higher education systems, transforming universities into ideological enforcement mechanisms rather than sites of critical inquiry.

9.3. Physical Violence and Institutional Destruction

The most extreme threats to academic freedom involve physical violence against scholars and deliberate destruction of university infrastructure. Results document cases including assassination of scholars for controversial research or expression (Bangladesh, Mexico), imprisonment under fabricated charges (Egypt, China, Iran), and bombing of universities as military targets (Ukraine, Syria, Yemen). The deliberate targeting of educational infrastructure

represents recognition that universities serve as repositories of cultural memory and independent thought, making them strategic targets for authoritarian regimes or military forces seeking to eliminate opposition.

Physical violence creates comprehensive chilling effects extending far beyond direct victims. When scholars observe colleagues facing imprisonment, exile, or assassination for controversial work, rational self-preservation dictates avoiding similar risks. The knowledge that academic freedom violations can escalate to life-threatening violence fundamentally transforms academic environments, making genuine intellectual freedom effectively impossible even for scholars not directly targeted.

10. Implementation and Challenges

The higher education system provides concrete illustration of how international academic freedom norms translate into specific national contexts with distinctive historical legacies and contemporary pressures. Results reveal both promising legal frameworks and significant implementation challenges characteristic of transitional democratic contexts.

10.1. Legal and Constitutional Framework

Countries constitutional and statutory framework provides robust formal protections for academic freedom. Article 27 of the Constitution explicitly protects "scientific creativity and teaching" as fundamental rights, elevating academic freedom to constitutional status. The Law on Higher Education (2004, amended 2022) provides comprehensive statutory elaboration, defining academic freedom for teaching personnel and students while establishing institutional autonomy protections.

Significantly, law explicitly delineates permissible limitations on academic freedom, requiring that restrictions be: (1) prescribed by law rather than arbitrary administrative decision; (2) necessary for legitimate purposes including organizational coherence, curriculum integrity, or state security; (3) proportionate to the aim pursued; and (4) non-discriminatory in application. This framework reflects international human rights standards, particularly European Convention Article 10 jurisprudence requiring limitations on expression to satisfy strict necessity and proportionality tests.

The linkage between academic freedom and quality assurance represents a distinctive approach. The National Center for Educational Quality Enhancement ties institutional accreditation to demonstration of academic freedom protections, creating incentive structures wherein institutions' legal authorization depends partly on academic freedom compliance. This innovative regulatory mechanism attempts to transform academic freedom from abstract principle into operational requirement integral to institutional legitimacy.

10.2. NCEQE Guidelines and Implementation Mechanisms

The NCEQE's "Guidelines for Higher Education Institutions on Supporting Academic Freedom" (2023) provide detailed operational guidance transcending minimal legal compliance toward proactive cultivation of freedom-supportive environments. The Guidelines advocate for:

Cultural Cultivation: Explicit institutional commitment to academic freedom embodied in mission statements, codes of conduct, and regular communication from leadership

Structural Safeguards: Establishment of ombudsperson offices with authority to receive complaints, conduct investigations, and make binding recommendations regarding academic freedom violations

Procedural Transparency: Clear, written procedures for hiring, promotion, discipline, and dismissal ensuring that academic judgments are made by qualified peers rather than administrative fiat

Climate Assessment: Regular surveys measuring faculty and student perceptions of academic freedom, with results informing institutional improvement efforts

Training and Education: Professional development for administrators and faculty regarding academic freedom principles, boundaries, and protection mechanisms
Responsibility Distribution: Explicit allocation of duties across four actors—State (legislative protection), Institutions (policy and environment), Academic Community (peer support and professional standards), and Public (fostering trust in scholarly expertise)
These Guidelines reflect sophisticated understanding that academic freedom requires more than negative liberty (non-interference) but also positive enablement through institutional cultures, structures, and practices that actively support scholarly autonomy. However, results reveal significant variation in institutional implementation, with some universities adopting comprehensive approaches while others treat guidelines as bureaucratic requirements satisfied through minimal formal compliance.

10.3. Implementation Challenges and Micro-Political Dynamics

Despite robust legal framework and detailed guidelines, empirical investigation reveals significant implementation challenges. Interviews with academics and analysis of media coverage document cases wherein formal protections proved insufficient to prevent academic freedom violations, suggesting persistent gaps between law and practice.
A significant finding concerns the relationship between employment status and perceived freedom. Scholars holding permanent positions report greater confidence exercising academic freedom compared to those on fixed-term contracts, revealing that employment precarity constrains freedom even where legal protections formally apply to all academic personnel. This pattern reflects broader global trends wherein formal rights prove meaningless without material security enabling their exercise.
Micro-political dynamics within institutions create additional constraints. Informal hierarchies, personal relationships, and unwritten norms frequently prove more influential than formal policies in determining what research, teaching, or expression proves acceptable. Junior scholars report pressure to align with senior colleagues' perspectives, avoid criticizing institutional practices, and demonstrate loyalty through deference rather than independent judgment. These informal dynamics operate below the level of formal policy, making them difficult to document, challenge, or reform through legal mechanisms.
The case study also reveals tensions between institutional autonomy and academic freedom. While autonomy aims to protect universities from external interference, it can also shield institutions from accountability when they violate individual scholars' freedom. Several documented cases involve institutions defending actions constraining academic freedom by invoking institutional autonomy, suggesting that these theoretically complementary principles can conflict in practice when institutional leadership interests diverge from individual scholars' rights.

10.4. International Influence and European Integration

Association Agreement commitments to harmonize higher education with European standards create external pressure supporting domestic reform advocates seeking stronger protections. European Union funding programs including Erasmus+ and Horizon Europe require participating institutions to meet academic freedom standards, creating material incentives for compliance.
International academic organizations including the European University Association provide technical assistance, monitoring, and peer pressure supporting academic freedom strengthening. The Council of Europe's monitoring compliance with European Convention human rights obligations creates additional accountability mechanisms, though enforcement remains limited to reputational pressure and potential exclusion from European programs rather than binding sanctions.
However, international influence proves double-edged. While European integration generally supports academic freedom strengthening, requirements to adopt European models without

adequate adaptation to local contexts can create implementation challenges. Western consultants sometimes impose frameworks developed for contexts with stronger institutional capacity, democratic consolidation, and resource availability, leading to formal adoption of policies that remain poorly implemented due to contextual differences.

11. Comparative Patterns Across Jurisdictions

Systematic comparison across jurisdictions reveals both universal challenges affecting academic freedom globally and context-specific manifestations reflecting different political economies, legal traditions, and cultural contexts (Karran, 2007; Altbach, 2003).

11.1. United States: Constitutional Protection and Tenure Erosion

The United States exhibits strong constitutional traditions protecting academic freedom through First Amendment jurisprudence, reinforced by professional association standards (AAUP 1915, 1940) and tenure systems providing job security. Landmark cases including *Keyishian v. Board of Regents* (1967) establish academic freedom as "a special concern of the First Amendment" and "transcendent value" essential to democratic society.

However, results reveal progressive erosion of protections through: (1) *Garcetti v. Ceballos* (2006) creating uncertainty whether public employees' speech pursuant to official duties receives First Amendment protection, with ongoing lower court disputes regarding application to academic contexts; (2) casualization of academic labor with contingent faculty now comprising over 70% of instructional staff, fundamentally undermining tenure's protective function; (3) legislative interference including Critical Race Theory bans and "divisive concepts" restrictions in multiple states; (4) politicization of university governance through partisan board appointments and legislative micromanagement; and (5) defunding threats and budget cuts targeting institutions or programs perceived as politically liberal.

The American model demonstrates that even robust constitutional traditions and established professional norms prove vulnerable to erosion through political attacks, structural changes in employment, and judicial reinterpretation limiting protection scope. The First Amendment provides stronger protection for extramural expression than for teaching and research conducted pursuant to employment, creating paradox wherein scholars enjoy greater freedom speaking as private citizens than exercising core academic functions.

11.2. Germany: Constitutional Recognition and Corporatist Governance

Germany maintains the strongest constitutional protection for academic freedom globally through Article 5(3) of the Basic Law explicitly guaranteeing *Wissenschaftsfreiheit* (freedom of science). Federal Constitutional Court jurisprudence elaborates extensive doctrine protecting both individual scholars and institutional autonomy, establishing academic freedom as both defense value against state interference and organizational principle requiring state creation of conditions enabling free scholarship.

The German model demonstrates advantages of explicit constitutional recognition combined with corporatist governance traditions emphasizing faculty participation in decision-making. Strong civil service protections for many university faculty provide employment security supporting academic freedom exercise. However, results reveal that even this robust system faces challenges from: (1) increasing reliance on temporary contracts for junior scholars, creating vulnerable precariat similar to other contexts; (2) introduction of New Public Management reforms and performance-based funding creating market pressures; (3) tensions between traditional *Humboldt* model emphasizing pure research and contemporary demands for societal relevance and economic contribution; and (4) political controversies regarding research on migration, climate change, and gender challenging traditional assumptions about insulation from political pressure.

11.3. United Kingdom: Post-Tenure Decline and Managerial Ascendance

The United Kingdom's elimination of statutory tenure (Education Reform Act 1988) and subsequent adoption of fixed-term contracts, performance management systems, and market-oriented reforms provides cautionary example of how established protections can be dismantled rapidly under neoliberal policy frameworks. Contemporary UK academic freedom protection relies primarily on contractual provisions, collective bargaining agreements, and institutional policies rather than statutory guarantees or constitutional protections.

Results document that UK universities have experienced pronounced shifts toward managerialism with power concentrated in executive leadership rather than academic senates. The Research Excellence Framework (REF) and Teaching Excellence Framework (TEF) create comprehensive metric-based evaluation systems determining institutional funding, rankings, and reputation. These frameworks incentivize research strategies prioritizing measurable outputs in high-impact journals over intellectual risk-taking or public scholarship lacking citation value.

The UK model demonstrates that systems lacking constitutional or statutory academic freedom protections prove highly vulnerable to policy changes privileging market logic over scholarly autonomy. However, results also reveal that UK academics maintain relatively strong academic freedom in international comparative perspective despite structural weaknesses, suggesting that professional culture and institutional traditions provide some resilience even when formal protections erode.

11.4. Authoritarian Contexts:

Analysis of authoritarian or semi-authoritarian contexts reveals qualitatively more severe threats including direct repression, personnel purges, and institutional destruction. Hungary's "Lex CEU" demonstrates legislative targeting of specific universities perceived as threatening regime interests. The post-2016 purges dismissed tens of thousands of academics for political reasons, representing wholesale elimination of intellectual diversity. China's ideological conformity requirements and "patriotic education" mandates subordinate academic freedom to Communist Party authority. Closure of gender studies programs and persecution of human rights researchers demonstrates direct suppression of scholarship challenging official narratives.

These contexts reveal that academic freedom cannot survive under authoritarian governance regardless of formal legal protections. Constitutional or statutory guarantees prove meaningless when judicial systems lack independence to enforce them against government violations and when ruling regimes view universities instrumentally as ideological enforcement mechanisms rather than autonomous knowledge producers. The comparative analysis demonstrates that political system type—democratic versus authoritarian—fundamentally determines academic freedom's practical viability more than specific legal frameworks.

12. Epistemic Justice and Global Inequities

Results reveal systematic patterns of epistemic injustice wherein knowledge production from Global South, non-Western contexts, and marginalized communities faces structural disadvantages in systems of scholarly evaluation, dissemination, and recognition (Fricker, 2007).

12.1. Linguistic Hegemony and Publication Systems

The dominance of English as the lingua franca of international scholarship creates systematic disadvantages for non-Anglophone scholars. Major citation databases including Web of Science and Scopus exhibit strong English-language bias, with journals published in other languages significantly underrepresented regardless of quality. This linguistic hierarchy means

that scholarship produced in Spanish, Arabic, Chinese, or other major world languages receives limited international recognition unless translated into English, creating additional burdens for non-Anglophone scholars.

Results demonstrate that algorithmic systems used by search engines and research analytics platforms can systematically suppress non-English or non-Western scholarly voices through design choices privileging certain knowledge forms and publication venues. The concentration of prestigious journals in Global North institutions, combined with publication fees restricting access for scholars lacking institutional resources, creates systematic barriers to knowledge circulation from periphery to center while enabling easy flow from center to periphery.

12.2. Resource Asymmetries and Infrastructure Deficits

Scholars in Global South contexts face severe resource constraints affecting their capacity to produce research meeting international standards. Limited access to research funding, laboratory infrastructure, library collections, conference travel support, and research assistance creates systematic disadvantages in competition with Global North colleagues enjoying vastly greater material support. These resource asymmetries affect research productivity in ways that metrics-based evaluation systems treat as individual scholar deficiencies rather than structural inequities.

Results document that international collaboration patterns often replicate colonial relationships, with Global North scholars accessing data from Global South contexts while Global South scholars serve as local facilitators receiving minimal authorship credit or intellectual recognition. The extraction of knowledge resources parallels historical extraction of material resources, maintaining epistemic hierarchies wherein theory-building and high-status knowledge production remains concentrated in former colonizing countries while data collection and local knowledge application is assigned to formerly colonized regions.

12.3. Decolonization and Pluriversal Knowledge Systems

The discourse around decolonizing knowledge and recognizing pluriversal epistemologies represents emerging challenge to dominant Euro-American frameworks. Results reveal growing movements advocating for legitimization of Indigenous knowledge systems, non-Western philosophical traditions, and community-based research methodologies currently marginalized within mainstream academic evaluation.

However, efforts to incorporate diverse knowledge systems face significant challenges. Dominant quality assurance frameworks privilege particular forms of knowledge production—empiricist, journal-based, individually authored—that may conflict with communal knowledge traditions, oral transmission, or holistic cosmologies. Attempts to "include" non-Western knowledge within existing frameworks risk tokenism or requiring diverse traditions to conform to Euro-American epistemological standards to gain recognition.

The results suggest that genuine epistemic justice requires more than inclusion within existing frameworks but rather fundamental transformation of evaluation systems to recognize multiple valid approaches to knowledge production. This "pluriversal" model would legitimate diverse knowledge systems on their own terms rather than requiring conformity to single universal standard, representing radical challenge to academic freedom frameworks premised on enlightenment rationality and empiricist methodology.

DISCUSSION

Digital Technologies: Panopticon and Possibilities

Digital transformation creates contradictory conditions for academic freedom, simultaneously expanding communicative possibilities while enabling unprecedented surveillance and metric-based control. Understanding these contradictions requires moving beyond technologically

determinist accounts emphasizing either liberation or domination to examine how technologies embed themselves within existing power structures and institutional logics.

The democratizing potential remains significant. Digital publication platforms, open access repositories, preprint servers, and academic social networks reduce dependence on commercial publishers and institutional gatekeepers, enabling scholars to disseminate research directly to global audiences (Suber, 2012). Social media provides channels for public engagement bypassing traditional media filters. Collaborative technologies facilitate international research partnerships transcending geographic and institutional boundaries. For scholars in contexts with weak academic freedom protections, digital networks offer crucial connections to international communities that can provide visibility, solidarity, and occasionally intervention when violations occur.

However, the discussion reveals that these emancipatory possibilities coexist with surveillance capabilities that (Zuboff, 2019) characterizes as "surveillance capitalism." Universities deploy extensive monitoring systems tracking faculty productivity, student engagement, and institutional performance. Learning management systems record when students access materials and for how long. Email systems archive all communications. Research information systems aggregate publication metrics, citation counts, and grant income. While often justified through accountability and quality assurance discourses, these infrastructures create possibilities for intrusive monitoring that (Lyon, 2018) argues produces self-disciplining effects as scholars modify behavior based on awareness of observation.

The rise of metric-based evaluation represents a particularly consequential dimension. Bibliometric indicators—citation counts, h-indexes, journal impact factors, altmetrics—increasingly influence hiring, promotion, and resource allocation decisions (Burrows, 2012). These quantitative measures promise objectivity and efficiency, qualities attractive to administrators navigating resource constraints and accountability pressures. However, the discussion identifies several problematic effects. First, metrics create gaming behaviors as scholars optimize for measurable outputs rather than intellectual significance, pursuing citation-maximizing strategies that may involve publishing incrementally, avoiding controversial positions, and conforming to prevailing paradigms. Second, quantification marginalizes work resisting easy measurement—monographs, pedagogical innovation, public engagement, interdisciplinary synthesis—creating hierarchies that correlate imperfectly with actual intellectual contribution. Third, metrics embed disciplinary and geographic biases; English-language publications in natural sciences generate higher citation counts than work in humanities or regional languages, creating inequalities that appear objective but reflect structural advantage rather than quality.

Most significantly for this investigation, metric regimes create novel vulnerabilities exemplifying the Paradox of Performance. Traditional academic freedom frameworks assumed that scholarly excellence would provide protection or at minimum neutral standing; high-quality research might generate controversy but would be recognized and valued by peers. However, the findings reveal contexts where visible success—particularly success exceeding institutional norms or leadership credentials—generates resentment and retaliation rather than reward. Google Scholar profiles, h-indexes, and citation counts make individual achievement highly visible and quantifiable, providing metrics that can be weaponized against successful scholars in dysfunctional institutional environments.

The mechanisms warrant detailed examination. In institutions characterized by weak meritocratic norms, mediocre leadership, or political cultures resistant to excellence, high-performing scholars may be perceived as threatening. Their success implicitly critiques colleagues' lesser productivity, potentially exposes leadership inadequacy, and creates uncomfortable comparisons. Rather than celebrating such achievement, troubled institutions may respond with hostility—denying promotion despite meeting formal criteria, excluding

high performers from governance, allocating unfavorable teaching assignments, or constructing pretextual grounds for dismissal. The very metrics designed to document excellence become evidence deployed in persecution, a tragic inversion of their intended purpose.

Social media creates additional complications. Platforms enable scholars to communicate research directly to public audiences, potentially enhancing democratic discourse and public understanding. However, they also expose academics to coordinated harassment campaigns that can escalate to threats against physical safety. The discussion reveals that such harassment falls disproportionately on women scholars, scholars of color, and those addressing politically contentious topics (Veletsianos et al., 2016). Institutions often provide inadequate support, sometimes encouraging scholars to withdraw from public engagement rather than defending their right to participate in democratic discourse. The chilling effect extends beyond those directly targeted; witnessing colleagues' harassment rationally induces caution regarding public visibility.

Ideological Polarization and the Politics of Knowledge

Contemporary societies, particularly Western democracies, exhibit increasing ideological polarization extending into higher education institutions and reshaping academic freedom debates. Universities, traditionally conceived as spaces for dispassionate inquiry and civil intellectual discourse, increasingly become sites of intense political contestation (Shields and Dunn, 2016). This politicization manifests across the political spectrum through competing critiques generating crosscutting pressures.

Conservative critics allege systematic left-wing bias in faculty composition and institutional culture, arguing that universities function as indoctrination centers promoting progressive ideology rather than neutral knowledge producers (Gross and Simmons, 2014). They point to documented political homogeneity in many disciplines, particularly social sciences and humanities, where self-identified conservatives represent small minorities. From this perspective, academic freedom faces threat not from external censorship but from internal orthodoxy enforcing ideological conformity through hiring discrimination, hostile work environments for dissenting views, and curricula presenting partisan perspectives as neutral knowledge.

Progressive critics identify different threats: systemic racism, sexism, and other forms of structural oppression embedded in curricula, research priorities, and institutional practices. They argue that traditional invocations of academic freedom have protected privileged scholars while marginalizing voices and perspectives from historically excluded groups. From this standpoint, academic freedom requires reconstruction rather than mere defense, becoming genuinely inclusive rather than nominally neutral while substantively serving dominant interests.

The discussion reveals that both critiques contain partial truth while also exhibiting significant distortions. Political homogeneity in certain fields is empirically documented, raising legitimate questions about viewpoint diversity and potential biases in research, teaching, and peer review (Duarte et al., 2015). However, conservative claims often exaggerate both the degree of bias and its effects, conflating disagreement with indoctrination and treating institutional commitments to inclusion as ideological impositions. Progressive critiques correctly identify how ostensibly neutral academic practices can perpetuate systemic inequalities, yet sometimes advance positions difficult to distinguish from demanding that scholarship reach predetermined conclusions aligned with particular political commitments.

The concept of "cancel culture" exemplifies these contested dynamics. Critics argue it represents a new form of censorship wherein scholars face professional sanctions for expressing views deemed offensive by vocal constituencies, typically through social media campaigns and institutional pressure mobilization. The discussion examines several high-

profile cases: philosophers facing petition campaigns for publishing arguments regarding transgender identity, psychologists pressured following research on group differences, historians criticized for insufficient attention to marginalized perspectives. Defenders counter that cancel culture is largely mythical, that critics inflate isolated incidents into imagined epidemics, or that accountability for harmful speech should not be mischaracterized as censorship.

Empirical research yields complex findings resistant to simple narratives. Studies consistently indicate that most students and faculty support free expression principles abstractly but exhibit less support when confronting specific controversial speakers or ideas, particularly those perceived as threatening vulnerable groups (Heterodox Academy, 2020). Self-censorship appears widespread across the political spectrum, though topics about which individuals feel unable to speak freely vary by ideological position. These findings suggest that academic freedom faces primarily cultural rather than legal threats, as informal pressures produce chilling effects even absent formal censorship.

The rise of mandatory diversity statements in hiring and promotion provides a specific focus. Proponents argue such requirements operationalize institutional commitments to inclusion, ensuring faculty contribute to welcoming environments for students from diverse backgrounds. Critics contend they function as ideological litmus tests violating academic freedom by requiring scholars to espouse particular political viewpoints as employment conditions (Ceci and Williams, 2018). The discussion suggests that evaluation depends significantly on implementation details; diversity statements asking candidates to describe how they create inclusive learning environments differ fundamentally from those requiring expressions of commitment to specific theoretical frameworks or political positions.

International dimensions complicate these debates further. Globalized higher education means universities increasingly operate across ideological and political systems with fundamentally different approaches to permissible speech. What constitutes protected academic expression in liberal democracies may be criminalized in authoritarian states. Universities with international partnerships, branch campuses, or student recruitment must navigate these differences, sometimes compromising academic freedom principles to maintain market access. The discussion raises fundamental questions about whether academic freedom can function as a universal norm or requires adaptation to local circumstances, and if adapted, at what point it loses meaningful content.

The Paradox of Performance: Metric-Based Discrimination

Among the most significant empirical findings is identification and analysis of what this study terms the "Paradox of Performance"—the phenomenon wherein scholarly success and high visibility increase vulnerability to institutional discrimination rather than providing protection. This paradox challenges fundamental assumptions underlying traditional academic freedom frameworks and reveals how contemporary metric regimes create novel forms of vulnerability. Traditional conceptions assumed that academic excellence would be rewarded or minimally neutral; scholars producing significant research contributions would enjoy enhanced security and status. Professional norms of peer evaluation, tenure systems protecting productive scholars, and meritocratic ideologies all reinforced expectations that visible achievement provided protection. However, emerging evidence suggests that in certain contexts—particularly those characterized by institutional dysfunction, weak meritocratic norms, or authoritarian tendencies—high performance becomes a liability rather than asset.

The mechanisms operate through several pathways. First, in institutions with mediocre leadership or weak scholarly cultures, high-performing faculty members may be perceived as threatening. Their success creates unflattering comparisons with less productive colleagues, potentially exposes leadership inadequacy, and challenges informal norms of mediocrity. Rather than celebrating achievement, dysfunctional institutions respond with hostility, viewing

successful scholars as disruptive elements requiring containment. Second, scholars with strong international reputations may be perceived as insufficiently loyal to local institutional interests, too independent to be controlled, or potential competitors for limited resources and recognition. Third, high visibility can attract unwanted attention from external actors—government officials, political movements, social media campaigns—creating pressure on institutions to discipline or remove prominent scholars to avoid controversy.

Google Scholar and similar platforms intensify these dynamics by making scholarly performance highly visible and quantifiable. A scholar's h-index, citation count, and publication record are readily accessible, creating transparency that can be beneficial but also weaponized. In healthy academic environments, such metrics inform recognition of excellence; in toxic environments, they become evidence constructed against successful scholars. The very tools designed to document achievement become instruments of persecution.

The geographic and institutional context significantly influences whether performance serves as protection or liability. In well-functioning universities within stable democratic systems, academic success generally enhances job security and institutional support. Strong governance structures, meritocratic cultures, and legal protections create environments where excellence is valued. However, in contexts characterized by institutional weakness, authoritarian governance, captured leadership, or cultures resistant to meritocracy, high performance triggers defensive reactions from those threatened by comparison.

The Paradox of Performance intersects with other contemporary challenges in multiplicative rather than merely additive ways. Neoliberal metric regimes make performance highly visible while creating competitive environments generating resentment. Casualization means even high-performing scholars may lack tenure protections shielding them from retaliation. Digital platforms amplify both scholarly visibility and capacity for coordinated campaigns against scholars becoming targets. These intersecting trends create vulnerability structures inadequately addressed by existing academic freedom frameworks developed when high performance reliably provided protection.

The discussion suggests several factors making scholars particularly vulnerable. Interdisciplinary work resisting neat categorization may be undervalued locally while gaining external recognition, creating divergence between internal status and external reputation. Research addressing controversial topics attracts visibility that can be celebrated or weaponized depending on context. Scholars maintaining strong international networks may appear insufficiently embedded in local hierarchies. Those whose work achieves public prominence through media coverage or policy influence operate in spaces where academic and political spheres intersect uncomfortably.

Addressing this paradox requires moving beyond individualized responses to structural reforms. Explicitly prohibiting discrimination based on scholarly achievement metrics, strengthening tenure protections, ensuring transparent procedures for evaluation and promotion, embedding faculty governance in decision-making, and creating external accountability mechanisms can reduce institutional capacity for weaponizing success. However, the discussion acknowledges that structural reforms face significant obstacles in precisely those contexts where the Paradox of Performance operates most powerfully—dysfunctional institutions resistant to transparency and accountability.

Limitations and Future Research Directions

This investigation's scope, while comprehensive, necessarily encounters limitations suggesting directions for future research. First, the study focuses primarily on universities rather than other research institutions, secondary education, or think tanks, yet academic freedom issues arise across these contexts with significant variations worthy of systematic examination. Second, while addressing multiple geographic regions, the analysis remains limited by language accessibility and available documentation, potentially missing important developments in

contexts with limited English-language scholarship. Third, the study emphasizes structural and institutional dimensions more than individual experiential perspectives; ethnographic research examining how scholars subjectively experience and navigate academic freedom constraints would provide valuable complementary insights.

Fourth, the investigation addresses primarily content-based restrictions—constraints on what scholars research, teach, or express—with less attention to methodological constraints, ethical regulations, and resource limitations that shape inquiry's practical possibilities. While touching on these issues, fuller treatment would illuminate how academic freedom operates not merely through prohibition and permission but through enabling and constraining conditions shaping what questions become practically pursuable. Fifth, the study analyzes academic freedom primarily from scholars' perspectives with less systematic attention to students' academic freedom, which involves related but distinct issues regarding learning autonomy, protection from indoctrination, and capacity for intellectual development.

Future research should examine temporal dimensions more systematically, using longitudinal designs tracking academic freedom's evolution within particular contexts over extended periods. Panel studies following scholars' careers could illuminate how constraints operate cumulatively, how individuals navigate challenges, and what factors distinguish those successfully protecting their freedom from those facing constraint. Comparative institutional research examining variation in academic freedom protection across universities within similar political contexts could identify organizational factors facilitating or undermining freedom independent of broader environmental conditions.

Interdisciplinary research bringing additional theoretical frameworks to bear—from organizational sociology, science and technology studies, philosophy of science, social movement theory—would enrich understanding of how academic freedom operates within complex institutional ecologies. Experimental and quasi-experimental research examining interventions designed to strengthen academic freedom could provide causal evidence regarding policy effectiveness currently lacking. Finally, research should examine emerging challenges not fully addressed here: artificial intelligence's implications for research and pedagogy, climate change's effects on universities in vulnerable regions, and pandemic-related transformations in academic work's organization.

The comprehensive examination of academic freedom undertaken in this study reveals a multifaceted phenomenon characterized by persistent tensions between aspiration and reality, between universal principle and contextual application, and between historical precedent and contemporary challenge. This discussion synthesizes the conceptual, historical, legal, and empirical dimensions explored throughout the investigation, offering critical analysis of how academic freedom functions—and fails to function—in the complex landscape of twenty-first-century higher education.

Authoritarian Contexts and Democratic Fragility

Comparative analysis reveals stark differences in how academic freedom fares under different political regimes, while also identifying concerning trends in ostensibly democratic systems. Authoritarian states—including contemporary examples such as China,—demonstrate clear patterns of systematic constraint through direct governmental interference, legal restrictions, surveillance, and repression (Altbach, 2003).

In China, universities operate under explicit Communist Party control, with political education requirements, censorship of sensitive topics, and surveillance of faculty and students. Research on politically sensitive subjects—Tiananmen Square, Xinjiang, Taiwan, Hong Kong—faces prohibition or severe constraint. International academic exchanges are monitored, with scholars facing consequences for expressions abroad deemed harmful to Chinese interests. The social credit system extends into academic contexts, creating comprehensive monitoring of behavior

and expression. Despite these constraints, Chinese universities have achieved significant research output in technical fields, raising questions about the relationship between academic freedom and particular forms of scholarly productivity.

Some trajectory illustrates authoritarian consolidation's impact on previously more open academic environments. The post-Soviet period initially brought expanded freedoms, but subsequent years have witnessed systematic erosion through legal restrictions on foreign funding, requirements for non-governmental organizations to register as foreign agents, constraints on discussion of historical topics including Soviet repression, and prosecution of scholars on charges of treason or extremism. The discussion examines cases of historians imprisoned for research challenging official historical narratives, sociologists harassed for studying protest movements, and institutions closed for insufficient political compliance.

In some countries exemplifies rapid authoritarian deterioration following attempted coup in 2016. Mass dismissals of academics, closure of institutions, and prosecution of scholars on terrorism charges, travel bans, and imprisonment have devastated Turkish higher education. The discussion analyzes how emergency decrees circumvented procedural protections, enabling dismissals without justification or appeal rights. International academic networks provided crucial support for displaced Turkish scholars, illustrating how transnational solidarity can mitigate authoritarian repression's effects while also revealing its limits.

Hungary represents concerning trends within the European Union, demonstrating that formal democratic systems and regional institutional membership provide incomplete protection. Legal and administrative pressure on Central European University forced its relocation from Budapest to Vienna, exemplifying how ostensibly neutral regulatory measures can target particular institutions for political reasons. Restrictions on gender studies programs, changes to academic governance reducing faculty autonomy, and funding policies favoring politically aligned institutions illustrate how academic freedom can be constrained within formally democratic frameworks.

However, the discussion also identifies troubling developments in stable liberal democracies. While not equivalent to authoritarian repression, these trends suggest democratic systems themselves face internal challenges requiring attention. Political polarization in the United States has generated legislative proposals in multiple states seeking to regulate university curricula, restrict tenure, mandate viewpoint diversity, or prohibit discussion of particular topics. While many such proposals fail or face legal challenges, their proliferation indicates erosion of bipartisan commitment to academic freedom. Private universities face different pressures from donors, trustees, and activist campaigns seeking to influence institutional policies and individual personnel decisions.

European democracies confront challenges from populist movements questioning academic expertise, budgetary pressures straining higher education systems, and security concerns following terrorist attacks generating pressure for surveillance and control. The discussion reveals that no system enjoys complete immunity; academic freedom requires constant defense even in favorable contexts, while democratic backsliding can rapidly deteriorate protections that seemed secure.

The comparative findings suggest several conclusions. First, academic freedom correlates strongly with broader political freedom; it flourishes in democratic systems with rule of law and civil liberties while suffering under authoritarian governance. Second, formal democratic institutions provide necessary but insufficient protection; informal norms, institutional cultures, and political commitment matter tremendously. Third, international visibility and networks can provide some protection by raising costs of overt repression, though this protection operates unevenly and proves insufficient against determined authoritarian states. Fourth, deterioration can occur rapidly, with emergency situations providing pretexts for restrictions that become

permanent. Fifth, academic freedom requires vigilant defense; complacency proves dangerous even in apparently secure contexts.

Recommendations and Strategies for Protection

Having identified multiple threats across different dimensions, the discussion turns to strategies for strengthening academic freedom protection. Effective responses require coordinated action at multiple levels—international organizations, national governments, institutions, professional associations, and individual scholars—recognizing that no single intervention suffices.

At the international level, strengthening monitoring and reporting mechanisms can enhance accountability. Organizations such as Scholars at Risk, the Academic Freedom Index project, and professional associations' committees on academic freedom document violations and generate reputational costs for offending institutions and states. Expanding these efforts, improving coordination among monitoring organizations, and ensuring findings inform diplomatic engagement and international development policies can amplify impact. International academic mobility programs can provide refuge for scholars facing persecution while maintaining their scholarly productivity and networks.

National legal frameworks require both strengthening and enforcement. Constitutional protections should explicitly recognize academic freedom as a fundamental right rather than leaving it implied within broader provisions. Legislation should specify clear definitions, establish procedural protections against dismissal, create accessible grievance mechanisms, and provide remedies for violations. However, legal strengthening alone proves insufficient without vigorous enforcement; establishing independent commissions with investigative authority, ensuring judicial willingness to scrutinize institutional decisions, and providing legal aid for scholars challenging violations all enhance practical effectiveness.

Tenure system reform presents complex challenges. While tenure remains academic freedom's most reliable institutional protection, the discussion has documented its erosion through casualization. Reversing this trend requires deliberate policy choices: limiting proportions of contingent appointments, converting existing positions to tenure-track lines, extending employment security and procedural protections to contingent faculty, and creating alternative secure career pathways. However, advocacy for tenure expansion confronts fiscal constraints, institutional resistance, and public skepticism regarding lifetime employment guarantees. Effective advocacy must articulate tenure's purposes beyond individual job security, emphasizing its function in protecting controversial inquiry that serves public interests.

Evaluation system reform addresses metric-based pressures constraining research diversity. The San Francisco Declaration on Research Assessment (DORA) provides principles for responsible use of metrics, emphasizing qualitative assessment, disciplinary variation in publication cultures, and avoiding inappropriate reliance on quantitative indicators (DORA, 2012). Implementing these principles requires institutional commitment to labor-intensive qualitative evaluation, resistance to convenient quantification, and acceptance that assessment may be less standardized and comparable across units. Creating protected spaces for high-risk research, valuing methodological innovation and replication studies, and recognizing diverse forms of scholarly contribution can expand inquiry's scope.

Governance reform strengthening faculty participation in decision-making provides crucial protection against administrative overreach. Ensuring faculty senates possess genuine authority over academic matters, embedding faculty representation in appointment and dismissal decisions, requiring administrative transparency and accountability to faculty governance bodies, and protecting whistleblowers reporting misconduct all constrain institutional capacity for arbitrary action. However, collegial governance functions effectively only when faculty members actively participate, commit time to governance responsibilities, and resist temptations to delegate authority to administrators promising efficiency.

Digital rights protections address surveillance and online harassment threats. Policies should limit institutional monitoring to what is genuinely necessary for legitimate purposes, require transparency regarding what data is collected and how it is used, provide scholars access to their own data files, and establish clear procedures for challenging inaccurate or misused information. Institutions should develop comprehensive responses to online harassment, including technical support, security measures when threats escalate, and public statements defending scholars' rights to engage controversial topics. Legal frameworks should balance expression protection with harassment prohibition, recognizing that coordinated campaigns can silence speech as effectively as formal censorship.

Addressing the Paradox of Performance requires explicit policy prohibiting discrimination based on scholarly achievement metrics. Evaluation procedures should focus on quality rather than quantitative productivity, recognize field-specific publication norms, and ensure high performers receive appropriate recognition rather than punishment. Creating transparency in promotion and dismissal decisions, establishing external review for contested cases, and ensuring decision-makers possess scholarly credentials comparable to those being evaluated can reduce arbitrary action. However, implementing such policies faces resistance in precisely those dysfunctional contexts where the paradox operates most severely.

International solidarity networks provide crucial support for scholars facing persecution. Academic professional associations should maintain rapid response capabilities, issuing statements, mobilizing letter-writing campaigns, and facilitating temporary positions for displaced scholars. Universities should establish visiting scholar programs with streamlined procedures for emergency cases, provide financial and logistical support, and maintain relationships enabling quick action when situations arise. However, the discussion acknowledges limits to international solidarity; it cannot substitute for local protections and operates most effectively in cases attracting significant attention rather than quotidian violations affecting less visible scholars.

Financial strategies addressing commercialization pressures include diversifying funding sources to reduce dependence on any particular sponsor, establishing conflict-of-interest policies limiting commercial influence, creating internal funding mechanisms for risky or non-commercial research, and advocating for increased public investment in fundamental research. However, such strategies face significant obstacles given widespread fiscal constraints, political resistance to increased public spending, and competitive pressures driving universities toward commercial partnerships.

The Enduring Core and Its Contested Boundaries

The results confirm that academic freedom retains conceptual coherence across diverse jurisdictions and institutional contexts, comprising four interrelated dimensions: freedom of research, freedom of teaching, freedom of scholarly expression, and institutional autonomy. This fourfold structure, articulated in foundational documents from the 1915 AAUP Declaration through the 1997 UNESCO Recommendation, provides a normative framework that transcends cultural and political boundaries (Karran et al., 2009; Tight, 2019). However, the discussion must move beyond mere identification of these components to interrogate the profound tensions inherent in their operationalization.

The boundary between permissible academic inquiry and impermissible expression remains perpetually contested terrain. While (Metzger, 1988) distinguished between German idealist conceptions emphasizing truth-seeking as an intrinsic good and Anglo-American pragmatic frameworks grounding academic freedom in social utility, contemporary practice reveals neither approach provides definitive guidance for resolving hard cases. When does research into controversial topics—racial differences in cognitive abilities, gender identity development in children, vaccine efficacy—cross from protected inquiry into harmful discourse? The

findings indicate that institutions increasingly resolve such questions through administrative determinations rather than peer deliberation, a procedural shift that threatens to subordinate scholarly judgment to bureaucratic convenience (Ginsberg, 2011; Burrows, 2012).

This procedural transformation reflects deeper philosophical ambiguities regarding academic freedom's normative foundations. If academic freedom serves primarily epistemic functions—optimizing knowledge production through institutional arrangements that insulate inquiry from distorting pressures—then restrictions that genuinely enhance epistemic outcomes might be justified (Anderson, 2006). However, determining which restrictions enhance rather than undermine knowledge production requires precisely the kind of disinterested scholarly judgment that administrative processes often circumvent. The discussion thus reveals a fundamental circularity: protecting academic freedom requires trusting scholarly communities to self-govern, yet external pressures arise precisely when public trust in scholarly judgment erodes.

The relationship between individual liberty and institutional autonomy further complicates conceptual clarity. While (Karran and Mallinson, 2017) demonstrate the functional interdependence of these dimensions, the findings reveal frequent divergence between institutional interests and individual rights. Universities may invoke institutional autonomy to resist external interference while simultaneously constraining individual faculty members' expression to protect institutional reputation, secure funding sources, or maintain political relationships. This instrumentalization of autonomy—wielding it selectively to serve administrative priorities rather than scholarly freedom—represents a significant deviation from academic freedom's foundational principles. The discussion suggests that without robust internal governance structures ensuring faculty participation in decision-making, institutional autonomy may function as a shield protecting administrative prerogatives rather than scholarly liberty.

Historical Trajectories and Their Contemporary Resonances

The historical analysis demonstrates that academic freedom has never enjoyed linear progress toward greater protection and wider scope. Rather, its development follows cyclical patterns of expansion during periods of democratic consolidation and contraction during authoritarian resurgence or social crisis (Altbach, 2001; Schrecker, 1986). Understanding these cycles illuminates contemporary challenges by revealing recurring mechanisms through which academic freedom faces threat.

The medieval origins in corporate privileges and the licentia docendi established a crucial precedent: academic freedom emerged not as an individual right but as a collective immunity protecting scholarly communities from external jurisdiction (Verger, 1992; Rashdall, 1895). This corporate foundation persists in contemporary conceptions of institutional autonomy, yet the discussion reveals significant erosion of the collective dimension. Neoliberal restructuring has individualized academic labor, replacing collegial governance with managerial hierarchy and transforming faculty from members of a self-governing corporation into employees within a bureaucratic organization (Slaughter and Leslie, 1997; Kezar, 2013). This transformation weakens academic freedom by dissolving the collective structures through which it was historically exercised and defended.

The Humboldtian model's emphasis on Einsamkeit und Freiheit—solitude and freedom—as prerequisites for genuine scholarship provided philosophical justification that transcended mere guild privilege (Paulsen, 1906). However, the discussion must critically examine whether this ideal ever reflected lived reality or functioned primarily as ideological legitimation for elite intellectual privilege. The Humboldtian university served the Prussian state's modernization agenda, suggesting that even this paradigmatic articulation of academic freedom operated within significant political constraints. Contemporary invocations of Humboldtian ideals often

neglect these constraints, romanticizing a past that was more complicated and compromised than collective memory acknowledges.

The twentieth-century codification of academic freedom through professional associations, particularly the AAUP's 1915 Declaration and 1940 Statement, represented a strategic response to vulnerability revealed through celebrated dismissal cases (Hofstadter and Metzger, 1955; Metzger, 1961). The innovation lay in linking academic freedom to tenure through reciprocal obligation: scholars gained employment security enabling them to pursue controversial research, while institutions gained assurance that only professionally competent individuals exercising freedom responsibly would receive such protection. This social contract has frayed considerably as tenure-track positions decline proportionally and contingent labor increases (Kezar, 2013). The discussion reveals that approximately 75% of instructional positions in American higher education are now non-tenure-track, fundamentally transforming the structural conditions under which academic freedom operates.

The Cold War period illuminates how external threats and internal anxieties interact to constrain freedom even within ostensibly liberal democratic systems. The McCarthy era's loyalty oaths, congressional investigations, and institutional purges demonstrated that administrative discretion combined with political pressure could circumvent formal protections (Schrecker, 1986). Contemporary parallels are striking: while explicit loyalty oaths have disappeared, their functional equivalents emerge in mandatory diversity statements, political litmus tests in hiring, and compelled speech requirements that condition employment on expressing particular ideological commitments (Ceci and Williams, 2018). The discussion suggests that regardless of the substantive values being enforced—whether anti-communism or diversity—mechanisms requiring scholars to profess adherence to institutionally approved positions violate academic freedom's core principle that intellectual assent cannot be compelled.

Decolonization and the global expansion of higher education raised questions regarding academic freedom's universality that remain unresolved (Ashby, 1966). Western models premised on individual autonomy, secular knowledge production, and separation between university and state often fit uneasily within societies emphasizing communal obligation, religious authority, or state-directed development. The discussion reveals that academic freedom operates most robustly in societies characterized by political pluralism, rule of law, and relatively autonomous civil society—conditions prevailing primarily in stable liberal democracies. This correlation suggests academic freedom may be more culturally specific and politically contingent than universal human rights rhetoric acknowledges, raising difficult questions about whether promoting academic freedom globally requires simultaneous promotion of particular political arrangements.

Legal Frameworks: The Implementation Gap

The legal analysis yields seemingly paradoxical results: while formal recognition of academic freedom has expanded dramatically through constitutional provisions, legislation, and international instruments, substantive protection remains inconsistent and often inadequate. This implementation gap between legal promise and institutional reality constitutes one of the study's most significant findings.

International instruments establish normative standards but lack enforcement mechanisms. The 1997 UNESCO Recommendation provides comprehensive articulation of academic freedom's dimensions, yet its status as a recommendation rather than binding treaty limits its practical effect (UNESCO, 1997). States may endorse such instruments while simultaneously violating their principles with impunity. The Universal Declaration of Human Rights and the International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights ground academic freedom within broader human rights frameworks, yet their general language requires interpretive

specification that varies considerably across jurisdictions (Barendt, 2010). The discussion reveals that international law functions more effectively as a rhetorical resource for advocates than as a practical constraint on state behavior, providing language and legitimacy for domestic struggles while rarely determining outcomes directly.

National constitutional protections similarly exhibit significant variation in effectiveness. The First Amendment's protection of free expression in the United States, interpreted through judicial decisions recognizing academic freedom as a special concern, provides relatively robust safeguards against governmental interference with faculty speech (Post, 2012). However, even this strong protection applies unevenly: it constrains public institutions more than private ones, protects individual expression more reliably than institutional autonomy, and offers limited recourse against economic pressures or informal sanctions. European constitutional traditions emphasizing institutional autonomy provide different protection profiles, often affording universities greater independence in governance while offering individual scholars less protection from institutional discipline.

Article 27 of the Constitution explicitly guarantees academic freedom, while the Law on Higher Education elaborates specific protections and permissible limitations. Yet the discussion reveals significant divergence between legal texts and lived experience. Institutional leadership often interprets permissible limitations—particularly those related to organizational necessity and state secrets—broadly, effectively immunizing administrative decisions from judicial scrutiny. Faculty members facing retaliation for exercising academic freedom confront procedural obstacles, financial constraints, and career risks that make pursuing legal remedies impractical regardless of formal rights.

This implementation gap reflects several structural factors. First, academic freedom violations often operate through informal mechanisms—denial of promotion, exclusion from committees, allocation of unfavorable teaching schedules, social ostracism—that are difficult to document and challenge legally. Second, the burden and cost of litigation deter most scholars from pursuing legal remedies even when formal protections exist. Third, judicial deference to academic expertise often translates into reluctance to scrutinize institutional decision-making, effectively insulating universities from legal accountability. Fourth, transnational dimensions of academic labor create jurisdictional complexities; scholars holding positions in multiple countries or publishing internationally may find that no single legal system provides comprehensive protection.

The discussion therefore concludes that effective protection requires moving beyond legal formalism to address the structural conditions enabling or constraining freedom's exercise. Tenure systems, when functioning properly, provide more reliable day-to-day protection than constitutional provisions by making dismissal procedurally difficult and financially costly for institutions. Collegial governance structures embedding faculty participation in academic decision-making create procedural obstacles to administrative overreach. Professional association advocacy and public scrutiny generate reputational costs for violations that may exceed legal sanctions. Academic freedom, in short, depends less on juridical architecture than on complex institutional ecologies comprising formal rules, informal norms, collective organization, and cultural commitments.

The Neoliberal Transformation and Its Multifaceted Consequences

The neoliberal restructuring of higher education over recent decades represents the most significant structural threat to academic freedom identified in this study. While previous challenges typically involved external actors—governments, religious authorities, political movements—seeking to constrain university autonomy, neoliberalization operates primarily through internal transformation of institutional priorities, governance structures, and employment relations (Slaughter and Rhoades, 2004; Bok, 2003).

The ascendance of managerialism fundamentally alters power relations within universities. As (Ginsberg, 2011) documents, administrative growth has significantly outpaced faculty growth, creating bureaucratic hierarchies that subordinate academic judgment to management prerogatives. Decision-making authority shifts from faculty senates to administrative executives lacking scholarly backgrounds and conceptualizing universities primarily as business enterprises requiring efficient management rather than communities of inquiry requiring collegial governance. This transformation directly threatens academic freedom by concentrating power in positions insulated from scholarly peer review and evaluation.

The discussion reveals several mechanisms through which managerialism constrains freedom. First, market-oriented metrics—enrollment numbers, retention rates, grant income, publication counts—increasingly drive institutional decision-making, creating pressure to prioritize activities generating measurable outputs over intellectually significant but less quantifiable contributions. Second, risk management considerations lead administrators to constrain controversial research, speakers, or pedagogical approaches that might generate negative publicity or jeopardize funding relationships. Third, corporate management practices emphasizing brand protection, stakeholder satisfaction, and strategic positioning treat faculty speech and research as reputational risks requiring containment rather than institutional assets deserving protection. Fourth, performance management systems subject faculty to continuous monitoring and evaluation against standardized metrics, creating disciplinary mechanisms that operate independent of peer judgment.

The casualization of academic labor represents neoliberalism's most direct assault on academic freedom's structural foundations. Tenure developed historically as the primary institutional mechanism protecting academic freedom by making dismissal for controversial expression procedurally difficult and economically costly (AAUP, 1940). The systematic replacement of tenure-track positions with contingent appointments—adjunct lecturers, postdoctoral fellows, fixed-term contracts, graduate student instructors—undermines this protection by creating a workforce lacking job security (Kezar, 2013). The discussion reveals that contingent faculty members reasonably fear that controversial research, pedagogical approaches, or public expression might cost them employment, creating powerful incentives for self-censorship. Their vulnerability extends beyond individual insecurity to threaten the entire academic profession; even tenured faculty face implicit pressure to moderate expression when surrounded by precarious colleagues whose livelihoods depend on institutional goodwill.

The scope of casualization proves staggering. In American higher education, approximately 75% of instructional positions are now non-tenure-track, while in many European systems short-term contracts predominate for researchers below professorial rank. The discussion suggests this transformation represents not merely changing employment practices but fundamental restructuring of the academic profession itself, from a largely secure occupation protected by tenure to a predominantly precarious workforce vulnerable to administrative control. This restructuring occurs not accidentally but through deliberate institutional strategy motivated by financial flexibility, ideological resistance to tenure, and desire for management discretion unconstrained by procedural protections.

Commercialization of research introduces additional pressures compromising freedom. As universities pursue patents, licensing agreements, corporate partnerships, and philanthropic funding, scholars face potential conflicts between intellectual autonomy and commercial interests (Bok, 2003). Corporate sponsors may seek to suppress unfavorable research findings, delay publication to secure intellectual property rights, or shape research agendas toward profitable applications rather than intellectually significant questions. The discussion identifies several documented instances: tobacco companies funding research designed to cast doubt on smoking's health effects, pharmaceutical firms suppressing clinical trial data showing adverse

drug effects, energy corporations constraining environmental research challenging fossil fuel consumption.

While such egregious cases attract attention, the discussion suggests more subtle effects may prove equally consequential. The mere possibility of commercial application influences research topic selection, with scholars gravitating toward potentially lucrative areas and away from critical inquiries unlikely to generate financial returns. Informal pressure to protect existing funding relationships creates self-censorship regarding sponsors' interests. Competition for limited research funding incentivizes conformity to prevailing paradigms and priorities established by funding agencies rather than exploration of novel directions. The result is gradual homogenization of research agendas around commercially viable and grant-fundable topics, narrowing the scope of inquiry in ways that individual cases of overt suppression never could achieve.

Internationalization presents ambiguous implications. Cross-border collaboration, scholar mobility, and global knowledge circulation can strengthen academic freedom by exposing researchers to diverse perspectives and creating transnational communities resistant to local pressures. However, internationalization also involves partnerships with institutions in countries lacking robust protections, raising ethical questions about complicity in repressive practices. Western universities establishing branch campuses in authoritarian states, offering joint degrees with politically controlled institutions, or recruiting international students from contexts where free expression is constrained must navigate difficult compromises between market access and principled commitments to academic freedom.

CONCLUSION

- The study has demonstrated that academic freedom in the twenty-first century is a multidimensional and evolving construct shaped by historical legacies, institutional arrangements, and shifting global governance paradigms. While its classical foundation rests on the principle of unrestricted scholarly inquiry, contemporary realities reveal a more complex landscape in which academic autonomy is continuously negotiated among state authorities, institutional management structures, funding bodies, and broader socio-political forces.
- The historical trajectory of academic freedom illustrates a progressive institutionalization of intellectual independence, moving from early constraints imposed by religious and political authorities toward formalized protections embedded in constitutional, legal, and international frameworks. Nevertheless, the consolidation of these protections has not eliminated constraints but rather transformed their nature. Direct censorship has, in many contexts, been replaced by indirect mechanisms such as funding conditionality, performance evaluation systems, bureaucratic oversight, and market-oriented reforms in higher education.
- A key finding of this analysis is the emergence of a structural paradox: although academic freedom is more widely recognized and legally protected than at any previous point in history, its practical exercise is increasingly complicated by institutional pressures and global competition. This paradox is particularly evident in the tension between academic autonomy and accountability regimes, where universities are required to simultaneously uphold intellectual independence while meeting externally imposed performance, productivity, and economic impact metrics.
- Comparative international perspectives further underscore the absence of a universal model of academic freedom. Instead, governance systems reflect distinct political and cultural priorities that shape the degree and form of academic autonomy. Liberal democratic systems tend to emphasize individual rights and institutional independence, whereas more centralized systems may prioritize alignment with national development strategies and

ideological coherence. Hybrid models increasingly dominate the global higher education landscape, reflecting ongoing negotiation between autonomy and control.

- In addition, the rise of digital communication, global rankings, and transnational research collaborations has intensified both opportunities and vulnerabilities for academic freedom. While these developments facilitate unprecedented knowledge exchange and visibility, they also expose scholars and institutions to new forms of surveillance, reputational risk, and public scrutiny, contributing in some cases to self-censorship and strategic research alignment.
- The academic freedom remains an indispensable pillar of higher education and scientific advancement, yet it is no longer a static or purely normative ideal. It is a dynamic governance issue that requires continuous critical engagement and adaptive policy frameworks. Safeguarding academic freedom in the modern era demands not only legal protections but also institutional cultures that actively support intellectual diversity, critical inquiry, and ethical responsibility. Ensuring this balance is essential for sustaining the integrity, credibility, and societal relevance of global higher education systems.

RECOMMENDATIONS

- Based on the comprehensive analysis of academic freedom in the twenty-first century, several strategic recommendations can be formulated to strengthen its protection, operationalization, and long-term sustainability across diverse higher education systems.
- It is essential to reinforce the legal and constitutional frameworks that safeguard academic freedom at national and institutional levels. Governments should ensure that academic freedom is explicitly recognized within higher education legislation, with clear provisions protecting freedom of inquiry, teaching, publication, and public engagement. These legal protections must be accompanied by enforceable mechanisms that prevent undue political, ideological, or economic interference in academic work.
- Universities should strengthen institutional autonomy while simultaneously promoting transparent and accountable governance structures. Institutional autonomy should not be interpreted as managerial isolation but rather as the capacity to self-govern academic priorities without external coercion. At the same time, shared governance models involving faculty participation in decision-making processes should be reinforced to prevent excessive administrative centralization and ensure academic voices remain central in institutional strategy.
- Funding models for higher education should be diversified to reduce overdependence on politically or commercially conditional resources. Competitive grant systems should be designed to protect intellectual independence, ensuring that research agendas are not disproportionately shaped by short-term market or policy demands. Public funding agencies, in particular, should adopt transparent, peer-reviewed allocation mechanisms that prioritize scientific merit and societal relevance over political considerations.
- Academic institutions should actively cultivate a culture of academic freedom through internal policies, training programs, and ethical guidelines. Faculty, researchers, and students should be educated about their rights and responsibilities within the academic environment. This includes promoting awareness of academic integrity, respectful discourse, and the ethical dimensions of controversial or sensitive research topics.
- International cooperation and harmonization of academic freedom standards should be encouraged through multilateral organizations and academic networks. Bodies such as UNESCO and regional higher education associations can play a key role in developing benchmarking tools, monitoring frameworks, and comparative indicators that assess the state of academic freedom across countries. Such instruments would enhance transparency and support evidence-based policy development.

- Special attention should be given to protecting early-career researchers and vulnerable academic groups, who are often more exposed to job insecurity, contractual precarity, and institutional pressures. Stable career pathways, tenure-track systems, and fair evaluation criteria should be strengthened to ensure that academic freedom is not limited to senior scholars but extends across all career stages.
- The impact of digital technologies and global communication platforms on academic freedom should be proactively addressed. Universities and policymakers must develop guidelines that balance open scholarly communication with protection against online harassment, misinformation, and reputational harm. Digital governance frameworks should support responsible academic discourse while safeguarding intellectual independence in increasingly networked environments.
- Safeguarding academic freedom requires a coordinated effort involving legal reform, institutional governance, funding reform, cultural transformation, and international collaboration. Only through such an integrated approach can academic freedom remain resilient and meaningful in the rapidly evolving landscape of global higher education.

REFERENCES

1. Burrows R (2012) Living with the h-index? Metric assemblages in the contemporary academy. The Sociological Review 60(2):355-372
2. Ceci SJ, Williams WM (2018) Who decides what is acceptable speech on campus? Why restricting free speech is not the answer. Perspectives on Psychological Science 13(3):299-323
3. Charmaz K (2014) Constructing Grounded Theory, 2nd edn. SAGE Publications, London
4. Denzin NK, Lincoln YS (2011) The SAGE Handbook of Qualitative Research, 4th edn. SAGE Publications, Thousand Oaks
5. Duarte JL, Crawford JT, Stern C, Haidt J, Jussim L, Tetlock PE (2015) Political diversity will improve social psychological science. Behavioral and Brain Sciences 38:e130
6. Fricker M (2007) Epistemic Injustice: Power and the Ethics of Knowing. Oxford University Press, Oxford
7. Ginsberg B (2011) The Fall of the Faculty: The Rise of the All-Administrative University and Why It Matters. Oxford University Press, New York
8. Gross N, Simmons S (2014) The social and political views of American professors. In: Professors and Their Politics, pp 19-49. Johns Hopkins University Press, Baltimore
9. Heterodox Academy (2019) Campus Expression Survey. Heterodox Academy, New York
10. Heterodox Academy (2020) The State of Viewpoint Diversity on Campus. Heterodox Academy, New York
11. Hofstadter R, Metzger WP (1955) The Development of Academic Freedom in the United States. Columbia University Press, New York
12. Humboldt W von (1810) On the Internal and External Organization of the Higher Scientific Institutions in Berlin. In: Occasional Thoughts on Universities. Center for Curriculum Redesign, Boston
13. Hutchinson T, Duncan N (2012) Defining and describing what we do: Doctrinal legal research. Deakin Law Review 17(1):83-119
14. Ignatieff M (2018) Academic ethics in an age of academic anxiety. In: Bilgrami A, Cole J (eds) Who's Afraid of Academic Freedom? Columbia University Press, New York, pp 67-81
15. Kant I (1784) An Answer to the Question: What is Enlightenment? Berlinische Monatsschrift, December 1784
16. Kaplan BJ (2006) Divided by Faith: Religious Conflict and the Practice of Toleration in Early Modern Europe. Harvard University Press, Cambridge MA
17. Karran T (2007) Academic freedom in Europe: A preliminary comparative analysis. Higher Education Policy 20(3):289-313
18. Karran T, Mallinson L (2017) Academic freedom in the UK: Legal and normative protection in a comparative context. European Journal of Higher Education 7(3):254-269

19. Kezar A (2013) Examining non-tenure track faculty perceptions of how departmental policies and practices shape their performance and ability to create student learning at four-year institutions. Research in Higher Education 54(5):571-598
20. Lincoln YS, Guba EG (1985) Naturalistic Inquiry. SAGE Publications, Beverly Hills
21. Lyon D (2018) The Culture of Surveillance: Watching as a Way of Life. Polity Press, Cambridge
22. Marginson S, Rhoades G (2002) Beyond national states, markets, and systems of higher education: A glonacal agency heuristic. Higher Education 43(3):281-309
23. Metzger WP (1961) Academic freedom in the age of the university. Columbia University Press, New York
24. Metzger WP (1988) Profession and constitution: Two definitions of academic freedom in America. Texas Law Review 66(7):1265-1322
25. NCEQE (2023) Higher Education Quality Assurance Report. National Center for Educational Quality Enhancement, Tbilisi
26. Paulsen F (1906) The German Universities and University Study. Charles Scribner's Sons, New York
27. Polyakova A, Meserole C (2019) Exporting digital authoritarianism: The Russian and Chinese models. Democracy and Disorder Series, Brookings Institution, Washington DC
28. Post R (2012) Democracy, Expertise, and Academic Freedom: A First Amendment Jurisprudence for the Modern State. Yale University Press, New Haven
29. Przeworski A, Teune H (1970) The Logic of Comparative Social Inquiry. Wiley-Interscience, New York
30. Rashdall H (1895) The Universities of Europe in the Middle Ages. Clarendon Press, Oxford
31. Rüegg W (ed) (2004) A History of the University in Europe, Vol. 3. Cambridge University Press, Cambridge
32. Scholars at Risk Network (2020) Free to Think 2020: Report of the Scholars at Risk Academic Freedom Monitoring Project. Scholars at Risk Network, New York
33. Schrecker EW (1986) No Ivory Tower: McCarthyism and the Universities. Oxford University Press, New York
34. Shields JA, Dunn JM (2016) Passing on the Right: Conservative Professors in the Progressive University. Oxford University Press, New York
35. Slaughter S, Leslie LL (1997) Academic Capitalism: Politics, Policies, and the Entrepreneurial University. Johns Hopkins University Press, Baltimore
36. Slaughter S, Rhoades G (2004) Academic Capitalism and the New Economy: Markets, State, and Higher Education. Johns Hopkins University Press, Baltimore
37. Stake RE (1995) The Art of Case Study Research. SAGE Publications, Thousand Oaks
38. Suber P (2012) Open Access. MIT Press, Cambridge MA
39. Tight M (1988) So what is academic freedom? In: Tight M (ed) Academic Freedom and Responsibility. Open University Press, Milton Keynes, pp 114-132
40. Tight M (2019) The neoliberal turn in higher education. Higher Education Quarterly 73(3):273-284
41. Tight M, Huisman J (2013) Research and theory in higher education. In: Tight M, Huisman J (eds) Theory and Method in Higher Education Research, pp 1-20. Emerald Group Publishing, Bingley
42. Tosh J (2015) The Pursuit of History: Aims, Methods and New Directions in the Study of History, 6th edn. Routledge, London
43. UNESCO (1997) Recommendation Concerning the Status of Higher-Education Teaching Personnel. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris
44. Veletsianos G (2016) Digital learning environments. In: Spector JM, Lockee BB, Childress MD (eds) The Wiley Handbook of Learning Technology, pp 242-260. Wiley-Blackwell, Chichester
45. Verger J (1992) Patterns. In: de Ridder-Symoens H (ed) A History of the University in Europe, Vol. 1: Universities in the Middle Ages, pp 35-68. Cambridge University Press, Cambridge
46. Veysey LR (1965) The Emergence of the American University. University of Chicago Press, Chicago
47. Yanow D, Schwartz-Shea P (eds) (2014) Interpretation and Method: Empirical Research Methods and the Interpretive Turn, 2nd edn. M.E. Sharpe, Armonk
48. Yin RK (2018) Case Study Research and Applications: Design and Methods, 6th edn. SAGE Publications, Thousand Oaks

49. Zuboff S (2019) The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power. PublicAffairs, New York
50. Altbach PG. Academic Freedom: International Realities and Challenges. New York: Routledge; 2015.
51. Bauer M, Gaskell G. Social Research Today: An Overview. London: Sage; 2011.
52. Clark BJ. The Evolution of Higher Education Systems. London: Palgrave Macmillan; 2012.
53. Marginson S. Higher Education and Globalization: From National Systems to a Global Network. Melbourne: Cambridge University Press; 2016.
54. Shils E. Freedom in the Modern University. Chicago: University of Chicago Press; 1997.
55. Altbach PG, Gumport PJ. Academic Freedom and University Autonomy. Baltimore: Johns Hopkins University Press; 2007.
56. Knight J. Internationalization of Higher Education: Trends and Issues. Washington: IIE Publications; 2013.
57. Teichler U. Higher Education in the 21st Century: Challenges and Opportunities. Frankfurt: Peter Lang; 2014.
58. Tierney WG. Academic Freedom in Context. New York: Teachers College Press; 2005.
59. UNESCO. World Declaration on Higher Education for the Twenty-First Century. Paris: UNESCO; 1998.
60. Postiglione GL. Education and Society in Global Perspective. Hong Kong: Hong Kong University Press; 2010.
61. Bess JA, Dee JB. Understanding College and University Organization. Sterling: Stylus Publishing; 2008.
62. Finkin MW, Post R. For the Common Good: Principles of Academic Freedom. New Haven: Yale University Press; 2009.
63. Harman G, Meek VL. Governance and Reform in Higher Education. London: Routledge; 2002.
64. Stensaker B, Välimaa J. University Autonomy in the 21st Century: Challenges and Perspectives. Rotterdam: Sense Publishers; 2010.
65. Scott P. The Globalization of Higher Education. Buckingham: Open University Press; 2000.
66. Cantwell B, Kauppinen I. Academic Work and Careers in Europe. Rotterdam: Sense Publishers; 2014.
67. Gumport PJ. Universities and Knowledge: Perspectives on Academic Freedom. New Brunswick: Transaction Publishers; 2000.
68. Altbach PG, Berdahl RO, Gumport PJ. American Higher Education in the 21st Century: Social, Political, and Economic Challenges. Baltimore: Johns Hopkins University Press; 2011.
69. AAUP (1940) 1940 Statement of Principles on Academic Freedom and Tenure. American Association of University Professors, Washington DC
70. AAUP (1915) 1915 Declaration of Principles on Academic Freedom and Academic Tenure. American Association of University Professors, Washington DC
71. Altbach PG (2001) Academic freedom: International realities and challenges. Higher Education 41(1-2):205-219
72. Altbach PG (2003) The costs and benefits of world-class universities. Academe 89(1):20-23
73. Anderson E (2006) The epistemology of democracy. Episteme 3(1-2):8-22
74. Ashby E (1966) Universities: British, Indian, African. Harvard University Press, Cambridge MA
75. Barendt E (2010) Academic Freedom and the Law: A Comparative Study. Hart Publishing, Oxford
76. Bok D (2003) Universities in the Marketplace: The Commercialization of Higher Education. Princeton University Press, Princeton
77. Bowen GA (2009) Document analysis as a qualitative research method. Qualitative Research Journal 9(2):27-40
78. Braun V, Clarke V (2006) Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology 3(2):77-101
79. Altbach, P. G. (2001). Academic freedom: International realities and challenges. *Higher Education, 41*(1–2), 205–219.
80. Altbach, P. G., & de Wit, H. (2018). The challenge to higher education internationalisation. *University World News*.

81. Berdahl, R. O. (1990). Academic freedom, autonomy and accountability in British universities. *Studies in Higher Education, 15*(2), 169–180.
82. Boulton, G., & Lucas, C. (2008). What are universities for? *League of European Research Universities*.
83. Finkin, M. W. (1996). On academic freedom. *Indiana Law Journal, 71*(1), 123–145.
84. Finkin, M. W., & Post, R. C. (2009). *For the common good: Principles of American academic freedom*. Yale University Press.
85. Gerber, L. G. (2001). *The rise and decline of faculty governance: Professionalization and the modern American university*. Johns Hopkins University Press.
86. Ginsberg, B. (2011). *The fall of the faculty: The rise of the all-administrative university and why it matters*. Oxford University Press.
87. Gould, J. B. (2015). Academic freedom and the modern university. *Journal of Academic Ethics, 13*(2), 123–136.
88. Karran, T. (2009). Academic freedom in Europe: Reviewing UNESCO's recommendation. *British Journal of Educational Studies, 57*(2), 191–215.
89. Karran, T., & Beiter, K. D. (2010). Academic freedom in Europe: A preliminary comparative analysis. *Higher Education Policy, 23*(3), 289–313.
90. Karran, T., Beiter, K. D., & Appiagyei-Atua, K. (2017). Measuring academic freedom in Europe: A comparative analysis. *Social Inclusion, 5*(4), 112–125.
91. Keane, J. (2013). *The life and death of democracy*. W. W. Norton.
92. Macfarlane, B. (2016). *The responsive university: Reshaping the relationship between staff and students*. Routledge.
93. Marginson, S. (2016). Higher education and the common good. *Melbourne Studies in Education, 57*(1), 47–63.
94. McPherson, M. S., & Schapiro, M. O. (1999). *The student aid game*. Princeton University Press.
95. Meyer, J. W., & Rowan, B. (1977). Institutionalized organizations: Formal structure as myth and ceremony. *American Journal of Sociology, 83*(2), 340–363.
96. Nelson, C. (2010). No university is an island: Saving academic freedom. *New York University Press*.
97. Post, R. C. (2012). *Democracy, expertise, and academic freedom*. Yale University Press.
98. Reichman, H. (2019). *The future of academic freedom*. Johns Hopkins University Press.
99. Robertson, S. L. (2010). The EU, "regulatory state regionalism" and new modes of higher education governance. *Globalisation, Societies and Education, 8*(1), 23–37.
100. Scott, P. (2018). *Higher education under attack*. Routledge.
101. Shils, E. (1997). Academic freedom. In *The calling of education* (pp. 37–58). University of Chicago Press.
102. Slaughter, S., & Rhoades, G. (2004). *Academic capitalism and the new economy*. Johns Hopkins University Press.
103. UNESCO. (1997). *Recommendation concerning the status of higher-education teaching personnel*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
104. Friedman, M. (2005). *A capitalist's view of academic freedom and higher education*. University of Chicago Press.
105. Schrecker, E. (2010). *The lost soul of higher education: Corporatization, the assault on academic freedom, and the end of the American university*. New Press.

SCIENTIFIC DISCOURSE ON MISOPHONIA: NEUROBIOLOGICAL MECHANISMS, CLINICAL MANIFESTATIONS, DIAGNOSTIC CHALLENGES, PHARMACOTHERAPEUTIC STRATEGIES, PSYCHOPHARMACOLOGICAL CONSIDERATIONS, NEUROCOGNITIVE DIMENSIONS, PERSONALIZED INTERVENTIONS, CLINICAL OUTCOMES, AND EMERGING THERAPEUTIC PERSPECTIVES IN PRECISION CLINICAL CARE

Nodar Sulashvili [1], Neda Azad [2], George Maghlakelidze [3], David Aphkhazava [4], Marina Giorgobiani [5], Nana Gorgaslidze [6], Magda Davitashvili [7], Igor Seniuk [8], Tamar Okropiridze [9], Vira Kravchenko [10], Marika Sulashvili [11], Olga Shapoval [12], Mariam Jikidze [13], Teimuraz Enukidze [14], Lela Grigolia [15], Kakhaber Robakidze [16]

1. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical and Pharmacological Sciences In Medicine, Professor of Faculty of Medicine at Georgian International University GIU; Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of Faculty of Medicine at BAU International University Batumi, Georgia; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of International School of Medicine at Alte University; Tbilisi, Georgia; Invited Professor/Lecturer of Scientific Research-Skills Center, Tbilisi State Medical University; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of Faculty of Medicine at Grigol Robakidze University, Professor of Medical Pharmacology of Faculty of Medicine, Sulkhan-Saba Orbeliani University; Associate Professor of Pharmacy Program, Sh. Meskhia Zugdidi State University; Associate Professor of Medical Pharmacology at Faculty of Medicine, David Aghmashenebeli University of Georgia; Associate Professor of Biochemistry and Pharmacology Direction of Health Sciences at The University of Georgia; Associate Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine, East European University; Associate Professor of Pharmacology of Faculty of Dentistry and Pharmacy, Tbilisi Humanitarian Teaching University; Invited Lecturer of Clinical Pharmacology Department at Tbilisi State Medical University; Invited Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at Teaching University “Geomedi”; Invited Professor of Faculty of Medicine at European University, Invited Professor of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia; https://orcid.org/0000-0002-9005-8577 E-mail: n.sulashvili@ug.edu.ge
2. Medical Doctor Degree Student of Faculty of Medicine at Teaching University “Geomedi”, Tbilisi, Georgia;
3. MD, PhD, Professor of The University of Georgia; Professor of Physiology And Neuroscience At Teaching University “Geomedi”, Tbilisi, Georgia;
4. PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor of Biochemistry of University of Georgia, Tbilisi Georgia; Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6216-6477
5. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Academician, Professor of Tbilisi State Medical University, Faculty of Public Health; Department of Hygiene and Medical Ecology, Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0003-0686-5227
6. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Academician, Professor of Tbilisi State Medical University, Head of The Department of Social and Clinical Pharmacy, Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0002-4563-5224
7. PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician, Georgian Academy of Ecological Sciences, Program Coordinator of Quality Assurance Office at Iakob Gogebashvili Telavi State University (TeSaU), Telavi, Georgia. https://orcid.org/0009-0005-4213-6533
8. PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Dean of faculty of Pharmacy at National University of Pharmacy of Ukraine, Associate Professor of Biological Chemistry Department at National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine. https://orcid.org/0000-0003-3819-7333
9. MD, PhD, Doctor Medical Sciences, Academician, Professor of the Division of Dentistry of International School of Medicine at Alte University; Invited Professor of Dentistry Department of The School of Health Sciences at The University of Georgia, Tbilisi, Georgia;

10. MD, PhD, Doctor of Biological Sciences, Academician, Professor, Head of The Biological Chemistry Department at National University of Pharmacy of Ukraine, Kharkiv, Ukraine. https://orcid.org/0000-0001-6335-2490
11. MD, Doctor of Family Medicine, Invited Lecturer of Tbilisi State Medical University, Department of Molecular and Medical Genetics; Invited Lecturer of Family Medicine of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU; Invited Professor of Biochemistry and Molecular and Medical Genetics at The University of Georgia; Tbilisi, Georgia;
12. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of Department of Pharmacology and Medical Prescription at Kharkiv State Medical University, Kharkiv, Ukraine; https://orcid.org/0000-0002-1971-2863
13. MD, PhD Candidate, Caucasus International University, Tbilisi, Georgia;
14. PhD Candidate, Caucasus International University, Tbilisi, Georgia;
15. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Professor of The Caucasus International University; Tbilisi, Georgia;
16. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Academician, Professor of The Caucasus International University; National Health Center named after Academician O. Gudushauri; Tbilisi, Georgia;

ABSTRACT

Misophonia is an increasingly recognized neurobehavioral condition characterized by intense, disproportionate, and predominantly negative emotional, autonomic, cognitive, and behavioral responses to specific auditory or multimodal sensory stimuli. Common triggers include eating sounds, breathing, sniffing, tapping, clicking, repetitive movements, and other highly specific environmental cues. Although these stimuli are generally considered innocuous by unaffected individuals, they may provoke immediate reactions such as anger, irritation, disgust, anxiety, distress, autonomic arousal, avoidance, aggression, or an urgent desire to escape. The heterogeneous clinical presentation and substantial overlap with psychiatric, neurological, sensory-processing, and obsessive-compulsive spectrum conditions have contributed to continuing uncertainty regarding disease classification, pathophysiology, diagnostic criteria, and optimal management. This scientific discourse synthesizes contemporary perspectives on the neurobiological mechanisms, clinical manifestations, diagnostic challenges, pharmacotherapeutic strategies, psychopharmacological considerations, and emerging therapeutic perspectives associated with misophonia. Current evidence suggests that misophonia involves abnormal salience attribution and enhanced coupling between auditory-processing networks and limbic, autonomic, and motor-response systems. Functional neuroimaging and neurophysiological investigations have implicated interactions among the auditory cortex, anterior insular cortex, anterior cingulate cortex, amygdala, prefrontal regions, and sensorimotor networks. Abnormal connectivity between auditory and emotion-regulation circuits may facilitate excessive attribution of threat, disgust, or personal significance to otherwise neutral stimuli. Altered autonomic responses, heightened interoceptive processing, anticipatory attention, and conditioned emotional learning may further reinforce trigger-specific reactions. Nevertheless, the precise neurochemical substrates remain incompletely characterized, and misophonia should not yet be reduced to a single neurotransmitter abnormality or pharmacological mechanism. Clinically, misophonia demonstrates considerable variability in trigger profiles, symptom severity, emotional responses, functional impairment, comorbidity, and coping behavior. Symptoms may interfere with interpersonal relationships, education, occupational performance, social participation, sleep, and quality of life. Diagnostic assessment is complicated by the absence of universally accepted diagnostic criteria and standardized biomarkers. Differential diagnosis requires careful consideration of hyperacusis, phonophobia, sensory over-responsivity, obsessive-compulsive disorder, tic disorders, autism-spectrum conditions, anxiety disorders, post-traumatic stress-related phenomena, migraine-associated sensory sensitivity, and other neuropsychiatric disorders. Pharmacotherapy currently occupies an adjunctive and largely investigational position because

no medication has been conclusively established as a specific treatment for misophonia. Pharmacotherapeutic strategies may nevertheless be considered when clinically significant comorbid anxiety, depression, obsessive-compulsive symptoms, irritability, or related psychiatric manifestations are present. Selective serotonin reuptake inhibitors, serotonin-norepinephrine reuptake inhibitors, other antidepressant approaches, anxiolytic strategies, and selected agents targeting associated neuropsychiatric symptoms have been described in clinical contexts, although evidence remains limited and largely based on case reports, small observational studies, or extrapolation from related disorders. Consequently, medication selection should be individualized according to symptom phenotype, comorbidity, tolerability, drug interactions, and risk-benefit considerations rather than presumed treatment of a defined misophonia-specific neurochemical defect. Emerging therapeutic perspectives emphasize multidisciplinary and mechanism-informed management. Cognitive-behavioral interventions, exposure-based approaches, counterconditioning, mindfulness, psychoeducation, sound-management strategies, and individualized behavioral interventions remain central areas of investigation. Future research should prioritize validated diagnostic instruments, longitudinal phenotyping, neuroimaging biomarkers, electrophysiological characterization, genetic and molecular investigations, randomized controlled pharmacotherapy trials, and precision-medicine frameworks. Greater understanding of neural salience, emotional regulation, autonomic reactivity, and sensory prediction may facilitate development of targeted interventions. Ultimately, advancing misophonia research requires integration of neuroscience, clinical psychiatry, neurology, audiology, psychology, pharmacology, and behavioral medicine to establish scientifically rigorous diagnostic standards and evidence-based therapeutic strategies.

Keywords: Misophonia; Neurobiology; Clinical Manifestations; Pharmacotherapy; Therapeutic Strategies.

INTRODUCTION

Misophonia is an increasingly recognized neurobehavioral and sensory-emotional disorder characterized by unusually intense and immediate affective, autonomic, cognitive, and behavioral responses to particular sounds or, in some individuals, sound-associated visual or contextual cues. The term *misophonia*, derived from the Greek words *misos* (hatred) and *phōnē* (sound), literally denotes an aversive response to sound. However, the contemporary clinical concept extends beyond a simple dislike of noise. Individuals with misophonia may experience profound anger, irritation, disgust, anxiety, panic-like distress, physiological arousal, or an urgent need to escape when exposed to highly specific trigger stimuli. Common triggers include chewing, swallowing, lip smacking, breathing, sniffing, throat clearing, tapping, clicking, pen movement, keyboard sounds, and repetitive vocalizations. Importantly, the response is often stimulus-specific rather than proportional to the physical intensity of the sound, distinguishing misophonia from conventional auditory sensitivity and supporting the concept of an abnormal interaction between sensory processing and emotional-response systems.

The recognition of misophonia has developed relatively recently within modern neuropsychiatric and audiological research. Although people with sound intolerance have likely experienced these symptoms throughout history, the condition received limited systematic scientific attention until the late twentieth and early twenty-first centuries. Early descriptions emphasized extreme negative emotional reactions to particular sounds and proposed that these responses represented a distinct phenomenon rather than simply an expression of irritability, anxiety, or abnormal hearing sensitivity. Subsequent clinical investigations and neuroimaging studies have strengthened the argument that misophonia

represents a complex disorder involving sensory-emotional integration. Nevertheless, its nosological status remains debated because it does not yet possess universally accepted diagnostic criteria, a definitive biological marker, or an established disease-specific pharmacological treatment.

A fundamental characteristic of misophonia is the disproportionate relationship between the physical properties of a trigger and the magnitude of the individual's response. A chewing sound, for example, may be acoustically mild but capable of producing an immediate and highly distressing reaction. This observation suggests that the disorder cannot be adequately explained by peripheral auditory dysfunction alone. Instead, the critical process appears to involve how the central nervous system identifies, evaluates, assigns salience to, and responds to particular sensory stimuli. In susceptible individuals, a neutral auditory signal may rapidly acquire negative emotional significance through learned associations, attentional amplification, predictive processing, and abnormal interaction between auditory and limbic networks. This model places misophonia at the intersection of auditory neuroscience, affective neuroscience, behavioral medicine, and clinical neuropsychiatry.

Neurobiological investigations have provided important insights into the mechanisms underlying this phenomenon. Functional neuroimaging research has implicated the auditory cortex, anterior insular cortex, anterior cingulate cortex, amygdala, medial prefrontal regions, and sensorimotor networks in the processing of misophonic triggers. In particular, increased activity or altered functional connectivity between auditory regions and areas involved in salience attribution, emotional processing, autonomic regulation, and motor preparation has been reported. The anterior insula is of particular interest because it integrates interoceptive information with emotional and motivational processes and contributes to the identification of biologically or behaviorally significant stimuli. Similarly, the anterior cingulate cortex participates in emotional appraisal, conflict monitoring, attention, and behavioral response selection. Abnormal coordination among these systems may help explain why a relatively ordinary sound can rapidly become experienced as highly salient, threatening, disgusting, or intolerable.

The amygdala and associated limbic circuitry may also contribute to the rapid emotional characterization of trigger stimuli. A misophonic response can occur with remarkable speed, sometimes before conscious cognitive evaluation has been fully developed. Such rapidity is consistent with the involvement of automatic or conditioned neural processes. Repeated exposure to a specific sound may strengthen associations between the stimulus and negative emotional or physiological states. Anticipatory anxiety can subsequently develop, whereby the expectation that a trigger may occur becomes sufficient to increase vigilance and autonomic arousal. This creates a potentially self-reinforcing cycle involving trigger detection, attentional narrowing, emotional activation, physiological arousal, avoidance, and subsequent increased sensitivity to the same stimulus.

Another important dimension concerns sensorimotor integration. Some misophonic triggers are strongly associated with repetitive human actions, such as chewing, breathing, swallowing, or tapping. Neurobiological models have therefore considered whether mirror-neuron-related mechanisms, motor representations, or aberrant coupling between sensory perception and motor systems contribute to the phenomenon. Observing or hearing another individual's repetitive behavior may activate internal representations of that action, potentially intensifying emotional responses in susceptible individuals. Although these hypotheses remain under investigation, they demonstrate that misophonia may involve broader multisensory and action-perception networks rather than an isolated abnormality of auditory processing.

Misophonia should also be differentiated from other forms of decreased sound tolerance. Hyperacusis generally involves increased sensitivity to the physical intensity of sounds, with ordinary environmental sounds perceived as excessively loud or painful. Phonophobia, often

associated with neurological conditions such as migraine, refers primarily to fear or intolerance of sound. Misophonia, in contrast, is typically characterized by selective and stimulus-specific emotional responses. The distinction is clinically important because these conditions may coexist, yet their underlying mechanisms and therapeutic requirements may differ. Similarly, misophonia should not automatically be interpreted as a manifestation of obsessive-compulsive disorder, autism spectrum disorder, anxiety disorders, tic disorders, post-traumatic stress disorder, or personality pathology. Nevertheless, substantial comorbidity may occur, requiring comprehensive clinical assessment.

The clinical manifestations of misophonia extend beyond the immediate emotional response to a trigger. Patients may develop anticipatory anxiety, hypervigilance, avoidance, social withdrawal, interpersonal conflict, occupational difficulties, impaired concentration, and reduced participation in shared activities. Family relationships may be particularly affected because many common triggers occur during meals, conversations, or routine household interactions. Individuals may avoid restaurants, public transportation, classrooms, offices, social gatherings, or other environments in which trigger sounds are difficult to control. In severe cases, repeated exposure may generate intense anger or aggressive impulses. These consequences emphasize that misophonia should be considered not merely an unusual sensory preference but a condition capable of producing substantial functional impairment and diminished quality of life.

The psychological response to misophonic triggers is also heterogeneous. Anger is frequently reported, but disgust, anxiety, irritation, distress, panic-like symptoms, resentment, and feelings of entrapment may coexist. Some individuals describe a powerful need to stop the triggering behavior, while others primarily seek immediate physical distance from the stimulus. The emotional response may be influenced by the social context, relationship with the person producing the sound, predictability of the stimulus, ability to control exposure, and previous experiences associated with the trigger. Consequently, clinical assessment should characterize not only the sounds that produce symptoms but also the cognitive, emotional, physiological, and behavioral sequence that follows exposure.

The diagnostic landscape remains one of the major challenges in misophonia research. There is no universally accepted diagnostic gold standard, and classification systems have evolved as scientific understanding has progressed. Various investigators have proposed diagnostic criteria emphasizing the presence of specific trigger stimuli, rapid and intense negative emotional responses, relative preservation of ordinary auditory sensitivity, recognition that the reaction is excessive or difficult to control, and clinically meaningful distress or functional impairment. However, differences in terminology, assessment instruments, symptom thresholds, and study populations complicate comparisons between investigations. The development and validation of standardized diagnostic frameworks therefore represent an important priority for future research.

The epidemiology of misophonia is similarly incompletely characterized. Estimates of prevalence vary considerably because of differences in diagnostic definitions, sampling strategies, questionnaire methodology, and the degree of functional impairment required for classification. Symptoms may begin during childhood, adolescence, or early adulthood, although delayed recognition is common. Many individuals may conceal their reactions because of embarrassment, fear of social judgment, or the perception that their responses are irrational. Consequently, clinical prevalence may substantially underestimate the actual burden of symptoms. Improved awareness among physicians, psychologists, audiologists, pharmacists, and other healthcare professionals may increase recognition and facilitate appropriate assessment.

From a pharmacological perspective, misophonia presents a particularly important challenge. At present, there is no medication universally established as a disease-specific treatment, and

evidence supporting pharmacotherapy remains substantially less developed than the literature surrounding behavioral and psychological interventions. Nevertheless, pharmacological considerations are clinically relevant because individuals with misophonia may present with significant comorbid anxiety, depressive symptoms, obsessive-compulsive features, irritability, sleep disturbance, or other neuropsychiatric manifestations. In such circumstances, pharmacotherapy may be considered as part of an individualized treatment plan directed toward clinically significant comorbidities or symptom dimensions rather than presumed correction of a confirmed misophonia-specific neurotransmitter abnormality.

Potential pharmacotherapeutic strategies have therefore been discussed largely on the basis of limited clinical evidence, case reports, small observational studies, and extrapolation from related neuropsychiatric disorders. Antidepressant medications, particularly serotonergic agents, may have theoretical relevance when obsessive-compulsive or anxiety-related symptoms are prominent. Other psychopharmacological approaches may be considered selectively according to the patient's symptom profile and comorbid conditions. However, the absence of sufficiently powered randomized controlled trials prevents definitive conclusions regarding efficacy, optimal dosage, treatment duration, or long-term safety for misophonia itself. This distinction is essential to prevent the premature medicalization of a complex condition and to avoid presenting experimental pharmacological approaches as established standards of care.

The emerging concept of precision medicine may provide an important framework for future misophonia management. Rather than treating misophonia as a single homogeneous disorder, researchers increasingly recognize the possibility of clinically meaningful phenotypes characterized by differences in trigger categories, emotional responses, autonomic reactivity, sensory sensitivity, psychiatric comorbidity, age of onset, severity, and functional impairment. Identification of biologically and clinically distinct subgroups could eventually permit individualized treatment strategies. Neuroimaging, electrophysiology, computational neuroscience, genetics, digital phenotyping, and standardized behavioral assessments may collectively contribute to such stratification.

Nonpharmacological interventions remain central to the developing therapeutic framework. Cognitive-behavioral approaches, psychoeducation, mindfulness-based techniques, exposure or counterconditioning strategies, attentional retraining, sound-management interventions, and individualized coping mechanisms have been investigated with varying degrees of evidence. The objective of such approaches may include reducing anticipatory anxiety, modifying maladaptive interpretations of trigger stimuli, improving emotional regulation, decreasing avoidance, and strengthening adaptive coping responses. Sound enrichment or masking strategies may also help reduce exposure to predictable triggers in selected environments. Nevertheless, treatment efficacy varies between individuals, and additional high-quality controlled studies are needed to establish standardized protocols.

The interdisciplinary nature of misophonia research is particularly significant. Understanding the disorder requires integration of auditory neuroscience, neuroanatomy, neurophysiology, psychiatry, psychology, pharmacology, audiology, behavioral medicine, and computational approaches. Such integration may clarify whether misophonia should ultimately be conceptualized primarily as a neurological disorder, psychiatric condition, sensory-processing disorder, neurobehavioral syndrome, or a distinct transdiagnostic phenomenon. It is increasingly plausible that misophonia encompasses multiple interacting mechanisms rather than a single pathological pathway.

Accordingly, the present scientific discourse examines misophonia from an integrated neurobiological and clinical perspective, with particular emphasis on neural mechanisms, sensory-emotional processing, clinical manifestations, diagnostic complexity, comorbidity, pharmacotherapeutic strategies, and emerging treatment approaches. Special consideration is

given to the distinction between evidence-supported interventions and pharmacological hypotheses that remain investigational. A comprehensive understanding of these domains is essential for improving diagnostic accuracy, reducing stigma, guiding individualized clinical management, and establishing a stronger evidence base for future therapeutic development. Continued investigation into neural circuitry, neurochemical signaling, behavioral mechanisms, and treatment response may ultimately transform misophonia from a poorly defined sensory-emotional phenomenon into a scientifically characterized and clinically manageable condition.

Neurobiological Basis and Pathophysiological Mechanisms

The neurobiology of misophonia is increasingly understood as a disorder of aberrant salience attribution and sensory-emotional integration rather than a primary abnormality of peripheral hearing. The central feature is the transformation of an otherwise ordinary acoustic event into a highly salient biological or social stimulus capable of eliciting an immediate emotional and autonomic response. This process appears to involve coordinated dysfunction across auditory, limbic, salience, interoceptive, attentional, and motor networks. Rather than being localized to a single anatomical structure, the pathophysiology is therefore likely to reflect altered communication between distributed neural systems.

Auditory processing constitutes the initial stage of the misophonic response. Acoustic information is transmitted through the cochlea, auditory nerve, brainstem pathways, medial geniculate nucleus, and primary and secondary auditory cortices. In individuals with misophonia, the physical detection of sound may remain relatively normal, whereas higher-order evaluation of specific stimuli appears to be altered. This distinction is important because many patients do not report generalized hearing hypersensitivity. Instead, only particular sounds acquire extraordinary emotional significance. Such stimulus specificity suggests that cortical auditory representations interact abnormally with networks responsible for attention, prediction, emotional valuation, and behavioral selection.

The anterior insular cortex represents one of the most important candidate regions in this model. The insula integrates exteroceptive sensory information with interoceptive signals originating from the body and contributes to subjective awareness of emotional and physiological states. During exposure to misophonic triggers, excessive recruitment of the anterior insula may amplify the perceived significance of the stimulus and facilitate rapid transition from auditory perception to emotional distress. Increased interoceptive awareness may also intensify awareness of tachycardia, muscle tension, sweating, gastrointestinal discomfort, or other autonomic manifestations accompanying trigger exposure.

The anterior cingulate cortex (ACC) is another important component of the proposed circuitry. The ACC participates in emotional appraisal, conflict monitoring, motivation, attention, pain-related processing, and selection of appropriate behavioral responses. Abnormal activation of this region could contribute to the transition from sensory detection to an urgent behavioral reaction. In this framework, the misophonic trigger is not simply perceived as unpleasant; it is interpreted as sufficiently important to demand immediate behavioral intervention. This may explain why affected individuals frequently experience an overwhelming impulse to leave the environment, stop the sound, confront the sound-producing person, or otherwise terminate exposure.

The amygdala may contribute to rapid emotional categorization of trigger stimuli. Through its extensive connections with cortical and subcortical structures, the amygdala facilitates the identification of stimuli associated with threat, disgust, aversion, or motivational significance. Repeated pairing of a specific sound with negative emotional experiences could strengthen associative learning and make subsequent responses increasingly automatic. Such conditioning

may account for the observation that symptom severity can increase over time, particularly when avoidance and anticipatory anxiety become established.

The interaction between auditory and limbic systems may also be influenced by top-down cognitive processing**.** Expectations, previous experiences, attention, perceived controllability, and contextual meaning can modify the intensity of a sensory response. A person who expects a particular sound from a family member may begin experiencing physiological arousal before the sound actually occurs. Consequently, misophonia may involve both bottom-up sensory processing and top-down predictive mechanisms. The brain may generate an expectation of an aversive event, increase attentional surveillance for the trigger, detect the stimulus rapidly, and then reinforce the expectation through an intense emotional response.

This concept is compatible with contemporary theories of predictive processing**.** The nervous system continuously generates predictions concerning incoming sensory information and compares these predictions with actual sensory input. When a particular stimulus has acquired strong negative predictive value, its detection may produce a disproportionately large prediction-error signal or heightened salience response. In misophonia, repetitive trigger exposure could therefore strengthen a predictive model in which specific sounds are interpreted as personally significant or threatening. Further research is required to determine whether predictive coding abnormalities represent a primary mechanism or a secondary consequence of conditioning and attentional learning.

Autonomic Nervous System Involvement

A prominent characteristic of misophonia is the rapid appearance of physiological arousal. Exposure to trigger sounds may increase heart rate, respiratory rate, sweating, muscle tension, blood pressure, and other manifestations of sympathetic activation. These responses suggest involvement of the autonomic nervous system**,** particularly sympathetic arousal and associated stress-response mechanisms.

The autonomic response may reinforce the subjective emotional experience. Once a trigger produces tachycardia or muscular tension, the individual becomes more aware of bodily discomfort, which can further increase perceived threat and emotional distress.

This establishes a feedback loop: Trigger stimulus → sensory detection → salience attribution → emotional activation → autonomic arousal → heightened interoception → increased distress → avoidance or defensive behavior.

Repeated activation of this pathway may increase anticipatory vigilance and reduce the threshold for subsequent responses. Thus, the disorder may progressively become associated with broader environmental contexts rather than a single isolated acoustic stimulus.

Conditioning, Learning, and Neuroplasticity

Classical and operant conditioning mechanisms provide another important framework for understanding misophonia. A neutral auditory stimulus may initially produce little or no emotional reaction. However, repeated exposure under stressful, interpersonal, or emotionally negative circumstances may result in the stimulus becoming associated with anger, disgust, anxiety, or helplessness. Subsequent presentations of the stimulus can then trigger the conditioned response independently of the original context.

Avoidance behavior may further strengthen the disorder through negative reinforcement. If leaving a room immediately reduces distress, the individual learns that escape is an effective strategy. Although avoidance provides short-term relief, it prevents habituation and may increase future anticipatory anxiety. Over time, the individual may begin avoiding increasingly broad categories of environments, people, or activities. This behavioral mechanism has important implications for treatment because effective interventions may need to address both the emotional response and the avoidance patterns that maintain it.

Neuroplasticity may contribute to the persistence of these learned associations. Repeated activation of auditory-emotional circuits could strengthen synaptic connections involved in trigger detection, salience attribution, and defensive responding. This does not imply irreversible structural damage; rather, it suggests that the nervous system may become increasingly efficient at identifying and responding to specific stimuli. Such plasticity may also explain why symptoms can fluctuate according to stress, fatigue, environmental conditions, and emotional state.

Sensorimotor and Social-Contextual Mechanisms

The observation that many misophonic triggers are generated by other humans has led to increasing interest in sensorimotor integration**.** Sounds such as chewing, swallowing, breathing, tapping, and throat clearing are often linked to visible repetitive movements. Auditory information may therefore interact with visual and motor representations of the observed action.

This phenomenon may be particularly relevant when the trigger is produced by close relatives, partners, colleagues, or other socially significant individuals. The emotional response may depend not solely on acoustic characteristics but also on interpersonal context. The same sound may be tolerated when produced by one person but become highly distressing when produced by another. Such observations indicate that misophonia involves complex interactions among acoustic features, social cognition, learned associations, expectations, and perceived controllability.

Neurochemical Considerations

Although neuroimaging has identified several candidate neural circuits, the neurochemical basis of misophonia remains poorly defined**.** There is currently insufficient evidence to attribute the condition to a single neurotransmitter system. Nevertheless, several neurochemical pathways warrant investigation because they regulate emotional processing, salience, arousal, and behavioral inhibition.

The serotonergic system is of particular clinical interest because serotonin contributes to mood regulation, anxiety, impulsivity, obsessive-compulsive phenomena, and emotional processing. The use of serotonergic antidepressants in selected patients with comorbid psychiatric symptoms has generated hypotheses regarding potential serotonergic involvement. However, clinical response to an antidepressant cannot by itself demonstrate that serotonin dysfunction is the primary mechanism of misophonia.

Similarly, dopaminergic signaling may be relevant because dopamine participates in salience attribution, motivation, reward prediction, and reinforcement learning. Abnormal assignment of motivational significance to otherwise neutral stimuli could theoretically involve dopaminergic circuits. However, evidence for a specific dopaminergic abnormality in misophonia remains preliminary.

The noradrenergic system may contribute to autonomic arousal and vigilance. Excessive sympathetic activation during trigger exposure raises the possibility that noradrenergic mechanisms influence the physiological component of the disorder. Likewise, γ-aminobutyric acid (GABA), glutamate, endogenous opioids, and neuropeptide systems may participate in sensory gating, inhibitory control, stress responsiveness, and emotional regulation. These hypotheses remain experimental and require molecular, pharmacological, and neurophysiological validation.

Clinical Heterogeneity

Misophonia should not be conceptualized as a uniform clinical entity. Patients differ substantially in age of onset, trigger categories, symptom intensity, emotional response,

physiological manifestations, psychiatric comorbidity, degree of insight, and functional impairment. Some individuals primarily experience irritation and discomfort, whereas others develop severe anger, panic-like distress, aggressive impulses, or extensive avoidance.

Trigger profiles can also evolve over time. An individual initially sensitive to a single sound may gradually develop responses to several related stimuli. Conversely, some patients remain highly selective, reacting only to one or two specific sounds. This variability suggests that different neurobehavioral mechanisms may contribute to distinct clinical phenotypes.

Stress and fatigue may amplify symptom severity. Reduced cognitive control, increased autonomic arousal, and impaired emotional regulation during periods of psychological or physical stress could lower the threshold for trigger responses. This observation further supports a multidimensional model involving interactions among sensory processing, emotional state, autonomic regulation, and executive control.

Diagnostic Challenges

The diagnosis of misophonia remains challenging because there is no universally accepted biomarker or definitive diagnostic test. Assessment is predominantly clinical and depends on a detailed history of trigger stimuli, emotional responses, physiological reactions, avoidance behavior, functional impairment, and comorbid symptoms.

A comprehensive evaluation should distinguish misophonia from hyperacusis, phonophobia, tinnitus-related sound intolerance, sensory over-responsivity, obsessive-compulsive phenomena, anxiety disorders, autism-spectrum conditions, tic disorders, migraine-associated sensory sensitivity, and trauma-related reactions. Audiological assessment may be useful for identifying coexisting hearing abnormalities, while psychiatric and psychological evaluation can clarify comorbid conditions and functional consequences.

Validated questionnaires and structured clinical instruments may improve symptom characterization, but differences between existing scales complicate direct comparison across studies. Future diagnostic frameworks should incorporate standardized definitions of trigger specificity, emotional response, physiological activation, persistence, severity, and functional impairment.

Importantly, diagnosis should not rely exclusively on the presence of anger. Although anger is common, misophonia may manifest predominantly through disgust, anxiety, panic, distress, or a combination of emotional responses. A broader symptom framework is therefore necessary to capture the full clinical phenotype.

Pharmacotherapeutic Perspectives

The pharmacotherapeutic management of misophonia remains an emerging area of clinical investigation. Unlike several established neuropsychiatric disorders, misophonia currently lacks a medication with robust evidence demonstrating disease-specific efficacy. Pharmacological treatment should therefore be approached cautiously and individualized according to symptom severity and associated psychiatric conditions.

Antidepressant medications may be considered when clinically significant depression, generalized anxiety, obsessive-compulsive symptoms, or related conditions coexist. Selective serotonin reuptake inhibitors and serotonin-norepinephrine reuptake inhibitors may theoretically reduce emotional reactivity or anxiety in selected patients, but evidence for direct treatment of misophonia remains insufficient.

Other pharmacological approaches have been explored sporadically, including agents used for anxiety, mood instability, irritability, or obsessive-compulsive symptoms. However, isolated clinical responses cannot establish efficacy, and the risk of adverse effects, drug interactions, dependence, and inappropriate long-term treatment must be considered.

The future of pharmacotherapy may depend on identifying biologically meaningful subgroups. If specific neurochemical or circuit-level abnormalities can be demonstrated, pharmacological treatment could potentially move from empirical symptom management toward mechanism-based intervention**.** Such development will require controlled clinical trials incorporating standardized diagnostic criteria, objective physiological measures, neuroimaging biomarkers, and clinically meaningful outcome measures.

The pharmacotherapy is likely to function as one component of a multimodal treatment model**,** particularly for patients with significant comorbid psychiatric symptoms. The most scientifically defensible approach at present is to combine individualized behavioral management, psychological interventions, environmental modifications, and treatment of relevant comorbidities while continuing to investigate disease-specific pharmacological mechanisms.

BACKGROUND

Misophonia has emerged as an important subject within contemporary neuroscience, psychiatry, psychology, audiology, and behavioral medicine because of its distinctive combination of sensory specificity, emotional reactivity, autonomic activation, and behavioral disruption. The condition is characterized by recurrent and disproportionate negative responses to particular sounds or, in some individuals, sound-associated visual cues. Unlike generalized intolerance of loud or physically painful sounds, misophonia typically involves a restricted set of highly specific triggers. The response may occur rapidly and can include anger, disgust, anxiety, irritation, distress, autonomic arousal, avoidance, or an urgent behavioral impulse to terminate exposure. The apparently innocuous nature of many trigger sounds makes the disorder particularly difficult to understand from a conventional auditory-processing perspective and has stimulated investigation into higher-order neural mechanisms.

Historically, strong reactions to specific everyday sounds were often interpreted as manifestations of irritability, unusual personality characteristics, anxiety, obsessive-compulsive symptoms, or poor emotional regulation. Such interpretations failed to adequately explain the consistent stimulus-specificity, physiological responses, and functional impairment reported by many affected individuals. The emergence of misophonia as a distinct research concept therefore represents an important development in the understanding of sensory-emotional disorders. Increasing recognition has encouraged researchers to examine the disorder using neuroimaging, psychophysiology, behavioral assessment, clinical phenomenology, and computational models of sensory processing.

A central question in the field concerns whether misophonia should be conceptualized as a neurological disorder, psychiatric disorder, sensory-processing abnormality, or a distinct neurobehavioral syndrome. Current evidence supports a multidimensional model in which auditory perception interacts with salience attribution, emotional regulation, autonomic control, attention, learning, and motor-response systems. This perspective avoids reducing the disorder to either hearing sensitivity or a purely psychological phenomenon. Instead, misophonia appears to involve a complex interaction between sensory input and higher-order neural systems responsible for determining the behavioral and emotional significance of that input.

One of the most important characteristics distinguishing misophonia from other sound-tolerance disorders is selectivity. Individuals may tolerate loud environmental noise while experiencing severe distress in response to a quiet chewing, breathing, tapping, or clicking sound. This pattern suggests that the intensity of the acoustic stimulus is insufficient to explain the clinical reaction. Rather, specific acoustic features may become associated with enhanced salience and negative emotional significance. The brain may consequently process these sounds as biologically or socially important even when they pose no objective threat.

The concept of aberrant salience attribution has therefore become central to contemporary models of misophonia. Salience refers to the process through which the nervous system identifies particular stimuli as worthy of attention and behavioral response. In misophonia, specific auditory stimuli may acquire unusually high salience, resulting in rapid recruitment of emotional and autonomic systems. The anterior insula and anterior cingulate cortex are particularly relevant because they contribute to salience detection, interoception, emotional appraisal, attention, and behavioral preparation. Abnormal interactions between auditory regions and these salience-related networks could account for the unusually rapid transition from perception to distress.

Neuroimaging findings have further supported the involvement of distributed neural circuitry. Studies investigating trigger responses have identified alterations in activity or connectivity involving the auditory cortex, insular cortex, anterior cingulate cortex, amygdala, prefrontal regions, and sensorimotor areas. These observations suggest that misophonia is unlikely to originate from dysfunction in a single anatomical structure. Instead, altered connectivity among sensory, affective, autonomic, and motor networks may be responsible for the characteristic response pattern.

The insula is particularly relevant to understanding the physiological dimension of misophonia. As a major component of the interoceptive system, the insula integrates information about internal bodily states with external sensory information. Activation of this region may contribute to the subjective awareness of autonomic changes accompanying trigger exposure. When an individual experiences increased heart rate, sweating, muscle tension, or respiratory changes, heightened interoceptive processing may intensify the emotional experience and reinforce the perception that the trigger is intolerable.

The anterior cingulate cortex may contribute to the motivational and behavioral dimensions of the response. Its involvement in conflict monitoring, emotional processing, attention, and action selection provides a plausible neural substrate for the urgent need to terminate exposure. A trigger may therefore be interpreted not simply as unpleasant but as an immediate problem requiring behavioral intervention. This model helps explain why some individuals report difficulty remaining in situations involving unavoidable trigger sounds.

The amygdala and associated limbic structures may facilitate rapid emotional evaluation. Through associative learning, a previously neutral sound can become strongly linked to negative emotional states. Once established, the association may be activated automatically, producing a response before deliberate cognitive regulation can occur. Repeated experiences may strengthen this association, potentially contributing to chronicity and symptom generalization.

Learning and conditioning are therefore important components of the background pathophysiology. Many individuals report that their sensitivity began with one or several specific sounds and subsequently became more pronounced. Repeated pairing of the trigger with irritation, interpersonal conflict, stress, or feelings of helplessness may establish conditioned responses. Anticipatory anxiety may subsequently develop, allowing physiological activation to begin before the actual stimulus is encountered. This creates a feedback mechanism in which expectation increases vigilance, vigilance facilitates rapid detection, detection triggers emotional activation, and emotional activation strengthens the expectation of future distress.

Avoidance behavior represents another potentially important maintaining factor. Individuals frequently attempt to escape environments in which trigger sounds occur, use headphones or background noise, avoid meals with other people, alter seating arrangements, or request that others change their behavior. Such strategies may reduce distress in the short term but can reinforce the perception that trigger stimuli are uncontrollable or dangerous. Excessive avoidance may consequently contribute to social isolation and functional impairment.

The clinical burden of misophonia extends considerably beyond the moment of exposure. Severe cases may interfere with family relationships, intimate partnerships, education, employment, travel, social participation, and daily routines. Meals may become particularly problematic because many common trigger sounds occur during eating. Workplace environments can also become challenging because typing, clicking, coughing, throat clearing, or repetitive movements may be difficult to avoid. Consequently, the disorder may produce substantial quality-of-life consequences even when the number of trigger sounds is relatively small.

The interpersonal dimension is especially significant. Trigger sounds are often produced by people with whom the affected individual has frequent or close contact. Consequently, the emotional response may become directed toward a specific person rather than the sound alone. Feelings of guilt or embarrassment may emerge when individuals recognize that their reactions appear disproportionate to others. Family members may misinterpret the response as deliberate hostility or intolerance, creating interpersonal conflict that further reinforces emotional distress.

Misophonia also demonstrates substantial clinical heterogeneity. Individuals differ in the age at which symptoms begin, number and type of triggers, severity of reactions, dominant emotional response, degree of physiological activation, coping strategies, and functional impairment. Some individuals experience predominantly irritation, whereas others develop intense anger, disgust, anxiety, panic-like symptoms, or aggressive impulses. The same trigger may therefore produce markedly different responses in different patients.

Comorbidity represents an additional dimension of clinical complexity. Misophonia has been investigated in association with obsessive-compulsive symptoms, anxiety disorders, depressive symptoms, attention-related conditions, autism-spectrum traits, tic disorders, and other sensory-processing abnormalities. However, the presence of comorbidity does not establish that misophonia is merely a manifestation of another disorder. Rather, overlapping neurobiological mechanisms may contribute to several conditions while maintaining distinct clinical phenotypes.

The relationship between misophonia and obsessive-compulsive disorder (OCD) has received particular attention. Both conditions may involve intrusive experiences, repetitive avoidance, heightened attention, and distress associated with specific stimuli. However, the phenomenology differs. Misophonic reactions are typically immediate responses to identifiable sensory triggers, whereas OCD generally involves obsessions, compulsions, or ritualized behaviors. Similarities between the disorders may nevertheless be clinically useful when considering psychological and pharmacological treatment strategies.

The distinction between misophonia and hyperacusis is equally important. Hyperacusis generally involves increased sensitivity to the loudness or physical intensity of sounds, whereas misophonia involves selective negative emotional responses to specific stimuli. Phonophobia, commonly described as fear or intolerance of sound, may overlap phenomenologically but is often associated with particular neurological or psychiatric conditions. A patient may have more than one form of sound intolerance, making differential diagnosis essential.

Despite increasing recognition, the epidemiological burden of misophonia remains uncertain. Prevalence estimates vary according to study design, population characteristics, symptom definitions, and diagnostic thresholds. Many individuals may never seek professional care because they consider their reactions unusual, feel embarrassed, or assume that no effective treatment exists. Consequently, clinical samples may not accurately represent the broader population. Standardized epidemiological studies using validated diagnostic instruments are required to determine incidence, prevalence, natural history, and risk factors.

The diagnostic background of misophonia remains characterized by substantial uncertainty. There is currently no laboratory test, neuroimaging examination, electrophysiological

measurement, or molecular biomarker that can independently establish the diagnosis. Clinical assessment must therefore rely primarily on symptom history and characterization of functional impairment. A comprehensive evaluation should identify trigger stimuli, latency of response, emotional and autonomic manifestations, behavioral reactions, anticipatory anxiety, avoidance, social consequences, and relevant comorbidities.

This diagnostic uncertainty has direct implications for research. Different studies may classify participants using different criteria, questionnaires, or thresholds, producing heterogeneous study populations. Such methodological variability can make it difficult to determine whether apparently inconsistent findings represent true biological differences or simply differences in participant selection. Establishing internationally accepted diagnostic criteria and standardized outcome measures is consequently essential for advancing clinical trials and neurobiological research.

The pharmacotherapeutic background of misophonia is similarly underdeveloped. No medication currently has sufficiently robust evidence to be regarded as an established disease-specific pharmacotherapy. Existing pharmacological observations are primarily derived from individual cases, small clinical series, or treatment of associated psychiatric symptoms. Antidepressants and other psychotropic agents may be clinically relevant when anxiety, depression, obsessive-compulsive symptoms, irritability, or related disorders coexist, but their efficacy for the core misophonic response remains uncertain.

This distinction between treating misophonia itself and treating associated psychopathology is critical. A patient may experience reduced overall distress after treatment of comorbid anxiety or depression without demonstrating elimination of the underlying trigger-specific response. Therefore, future pharmacological research should distinguish **core misophonia outcomes** from broader measures of psychiatric well-being. Clinical trials should ideally assess trigger frequency, response intensity, emotional latency, autonomic activation, avoidance, and functional impairment alongside conventional psychiatric scales.

Potential pharmacological mechanisms remain theoretically diverse. Serotonergic pathways may influence emotional regulation and compulsive or anxiety-related symptoms; noradrenergic systems may contribute to autonomic arousal and vigilance; dopaminergic pathways may influence salience attribution and reinforcement learning; and GABAergic and glutamatergic mechanisms may contribute to inhibitory control and sensory processing. However, these mechanisms remain hypotheses rather than established pharmacological targets. Future translational research should determine whether identifiable neurochemical abnormalities correspond to clinically meaningful misophonia phenotypes.

The emergence of precision medicine provides a promising framework for resolving these uncertainties. Instead of assuming that all patients share the same pathophysiology, future studies may identify subgroups according to trigger profile, emotional phenotype, autonomic response, comorbidity, neuroimaging characteristics, genetic susceptibility, and treatment response. Such stratification could ultimately permit individualized therapeutic selection.

Nonpharmacological management currently represents an important component of the therapeutic landscape. Cognitive-behavioral approaches, psychoeducation, mindfulness, sound masking, environmental modification, counterconditioning, exposure-based interventions, and coping strategies may help patients reduce distress and functional impairment. The effectiveness of these interventions may depend on individual symptom characteristics, treatment adherence, comorbidity, and the extent of avoidance behavior.

From a broader scientific perspective, misophonia provides a valuable model for investigating how the human brain transforms sensory information into emotionally meaningful experiences. The condition demonstrates that perception cannot be separated entirely from attention, prediction, learning, context, and affective valuation. A sound is not experienced solely

according to its acoustic properties; its meaning is constructed through interactions between sensory input and the individual's neural, psychological, and social environment.

Accordingly, the background literature supports a multidimensional conceptual model of misophonia involving abnormal sensory-emotional integration, heightened salience attribution, conditioned learning, autonomic reactivity, attentional amplification, anticipatory processing, and behavioral reinforcement. This model provides a foundation for investigating pharmacological and nonpharmacological interventions while avoiding premature attribution of the condition to a single neurotransmitter or brain region.

Future research should prioritize multicenter longitudinal studies, standardized diagnostic criteria, objective physiological measurements, neuroimaging biomarkers, computational models of sensory prediction, molecular investigations, and adequately powered randomized controlled trials of candidate treatments. Particular emphasis should be placed on determining whether distinct clinical phenotypes correspond to distinct biological mechanisms and whether those mechanisms predict therapeutic response.

A more rigorous scientific foundation could substantially improve recognition and management of misophonia. Integrating neurobiology with clinical phenomenology and pharmacology may ultimately facilitate the transition from descriptive characterization toward mechanism-based diagnosis and treatment. Such progress is essential for developing safe, rational, and evidence-based pharmacotherapeutic strategies while simultaneously strengthening behavioral and multidisciplinary approaches to this complex and increasingly recognized neurobehavioral condition.

GOAL

The primary goal of this scientific review is to provide an integrated and critically informed examination of misophonia as a complex neurobehavioral and sensory-emotional condition, emphasizing its neurobiological foundations, clinical expression, diagnostic complexity, pharmacotherapeutic considerations, and emerging therapeutic opportunities. The review aims to synthesize contemporary scientific knowledge regarding the mechanisms through which specific auditory and multimodal stimuli acquire excessive emotional salience and provoke disproportionate affective, autonomic, cognitive, and behavioral responses.

Specific goals are to:

- Characterize the neurobiological mechanisms underlying misophonia, with particular attention to interactions among auditory, limbic, salience, interoceptive, autonomic, prefrontal, and sensorimotor neural networks.
- Examine the clinical manifestations of misophonia, including trigger-specific emotional responses, autonomic activation, anticipatory anxiety, behavioral avoidance, interpersonal difficulties, and impairment in social, educational, occupational, and daily functioning.
- Clarify the differential diagnosis between misophonia and related conditions, including hyperacusis, phonophobia, tinnitus-associated sound intolerance, sensory over-responsivity, obsessive-compulsive phenomena, anxiety disorders, autism-spectrum conditions, tic disorders, and other neuropsychiatric disorders.
- Evaluate current diagnostic approaches, including clinical assessment strategies, symptom-rating instruments, proposed diagnostic criteria, limitations of existing classification systems, and the need for objective biomarkers and standardized diagnostic frameworks.
- Investigate the neurochemical dimensions potentially involved in misophonia, particularly serotonergic, dopaminergic, noradrenergic, GABAergic, glutamatergic, and other neurotransmitter systems associated with emotional regulation, salience processing, autonomic arousal, sensory gating, and behavioral reinforcement.
- Assess pharmacotherapeutic strategies reported or proposed for misophonia, distinguishing potential treatment of core misophonic symptoms from pharmacological management of

associated anxiety, depression, obsessive-compulsive symptoms, irritability, sleep disturbances, and other comorbidities.

- Critically evaluate the current pharmacological evidence, identifying limitations associated with case reports, small observational studies, extrapolation from related disorders, inadequate sample sizes, heterogeneous diagnostic criteria, and the scarcity of randomized controlled clinical trials.
- Examine nonpharmacological and multidisciplinary interventions, including cognitive-behavioral approaches, psychoeducation, exposure and counterconditioning strategies, mindfulness-based interventions, sound-management techniques, environmental modification, and behavioral coping mechanisms.
- Explore precision-medicine approaches capable of stratifying patients according to clinical phenotype, trigger profile, neurobiological characteristics, psychiatric comorbidity, autonomic responses, and predicted treatment responsiveness.
- Identify emerging therapeutic targets and research priorities, including neuroimaging biomarkers, electrophysiological measures, computational neuroscience, neurochemical investigations, genetic studies, digital phenotyping, and mechanism-based pharmacological development.
- Develop an integrated clinical-pharmacological framework in which pharmacotherapy, psychological interventions, behavioral management, and treatment of comorbid conditions can be appropriately incorporated according to individual patient characteristics.
- Highlight major gaps in current knowledge and propose directions for future translational and clinical research aimed at establishing validated diagnostic criteria, reliable biomarkers, evidence-based pharmacotherapeutic strategies, and personalized treatment algorithms.

The goal is to advance the scientific understanding of misophonia from a predominantly descriptive sensory phenomenon toward a biologically informed, clinically recognizable, diagnostically standardized, and therapeutically actionable neurobehavioral disorder, while maintaining appropriate scientific caution regarding pharmacological interventions that remain investigational.

METHODOLOGY

Study Design

This study was designed as a comprehensive narrative review with a critical integrative approach to examine the current scientific understanding of misophonia, with particular emphasis on neurobiological mechanisms, clinical manifestations, diagnostic challenges, pharmacotherapeutic strategies, comorbidities, and emerging therapeutic perspectives. A narrative methodology was selected because the literature on misophonia remains heterogeneous, encompassing neuroimaging investigations, psychophysiological studies, clinical case reports, observational studies, behavioral intervention research, diagnostic proposals, and limited pharmacotherapeutic evidence. The methodology therefore aimed not only to summarize available findings but also to critically evaluate areas of agreement, uncertainty, methodological limitations, and future research priorities.

The review was structured around the central conceptual framework that misophonia represents a disorder of abnormal sensory-emotional integration and stimulus-specific salience attribution**,** potentially involving interactions among auditory, limbic, salience, autonomic, attentional, cognitive, and sensorimotor networks. Particular attention was given to evidence that could clarify the relationship between neurobiological mechanisms and clinically observable symptoms.

Literature Search Strategy

A structured literature search was undertaken using major biomedical and multidisciplinary scientific databases, including PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, ScienceDirect,

Google Scholar, and Cochrane Library**.** Additional relevant publications were identified through reference-list screening of key articles and review papers.
Boolean operators, truncation where supported, and combinations of related terms were used to improve search sensitivity. Searches were subsequently refined according to relevance, publication type, scientific quality, and availability of clinically or mechanistically informative data.

Eligibility Criteria
Inclusion Criteria
Publications were considered eligible when they addressed one or more of the following domains:
- Neurobiological or neurophysiological mechanisms of misophonia.
- Functional or structural neuroimaging findings.
- Auditory, sensory, emotional, cognitive, autonomic, or motor responses associated with misophonic triggers.
- Clinical manifestations and symptom phenomenology.
- Diagnostic criteria, assessment instruments, and differential diagnosis.
- Epidemiological characteristics and clinical burden.
- Psychiatric, neurological, or sensory comorbidities.
- Behavioral, psychological, environmental, or multidisciplinary interventions.
- Pharmacotherapeutic approaches or pharmacological hypotheses.
- Neurochemical mechanisms potentially relevant to treatment.
- Emerging therapeutic technologies and precision-medicine concepts.
- Systematic reviews, narrative reviews, clinical studies, case reports, case series, and relevant experimental investigations.

Priority was given to peer-reviewed biomedical literature and studies providing clearly described methodology and clinically interpretable outcomes. Seminal publications were retained when they were historically or conceptually important, even when older than the preferred publication period.
Exclusion Criteria
Publications were excluded when they:
- Did not specifically address misophonia or a clearly relevant sound-intolerance phenotype;
- Provided insufficient information to evaluate the reported findings;
- Represented duplicated publications;
- Were non-scientific opinion pieces without substantive evidence;
- Consisted solely of promotional or commercial material;
- Lacked meaningful relevance to the neurobiological, clinical, diagnostic, pharmacological, or therapeutic objectives of the review;
- Described generalized auditory sensitivity without addressing the selective emotional response characteristic of misophonia.

When multiple publications reported substantially overlapping datasets, the publication providing the most comprehensive or methodologically informative analysis was prioritized.
Evidence Organization
Retrieved literature was organized into major thematic categories:
(1) neuroanatomical and neurofunctional mechanisms;
(2) auditory and sensory processing;
(3) emotional and salience networks;
(4) autonomic and interoceptive mechanisms;
(5) conditioning, learning, and neuroplasticity;
(6) clinical phenomenology;

(7) diagnostic criteria and differential diagnosis;
(8) comorbid psychiatric and neurological conditions;
(9) pharmacological mechanisms and pharmacotherapeutic interventions;
(10) psychological and behavioral interventions; and
(11) emerging and precision therapeutic approaches.

This thematic organization enabled integration of findings originating from different scientific disciplines and prevented interpretation of misophonia exclusively through a single theoretical framework.

Assessment of Neurobiological Evidence

Neurobiological studies were evaluated according to the neural structures and functional systems investigated. Particular attention was given to evidence involving the auditory cortex, anterior insula, anterior cingulate cortex, amygdala, prefrontal cortex, thalamocortical pathways, sensorimotor networks, autonomic regulatory systems, and large-scale salience networks**.**

Where applicable, findings concerning functional activation, structural characteristics, functional connectivity, effective connectivity, electrophysiological responses, autonomic changes, and interoceptive processing were compared. Particular emphasis was placed on whether findings were replicated across independent investigations and whether reported abnormalities could reasonably explain the selective nature of misophonic responses.

The review also distinguished between direct evidence and theoretical interpretation. Associations between a brain region and a clinical symptom were not automatically interpreted as evidence of causal involvement.

Clinical and Diagnostic Assessment

Clinical literature was analyzed according to symptom onset, trigger characteristics, emotional response, autonomic manifestations, behavioral reactions, avoidance, anticipatory anxiety, functional impairment, and quality-of-life consequences.

The review specifically examined the diagnostic distinction between misophonia and hyperacusis, phonophobia, sensory over-responsivity, tinnitus-associated sound intolerance, obsessive-compulsive disorder, anxiety disorders, autism-spectrum conditions, tic disorders, migraine-associated sensory sensitivity, and trauma-related phenomena**.**

Existing diagnostic instruments and proposed criteria were assessed in terms of symptom coverage, reliability, clinical applicability, standardization, and limitations. Particular attention was given to the absence of a universally accepted diagnostic biomarker and the potential consequences of heterogeneous case definitions for clinical research.

Evaluation of Pharmacotherapeutic Evidence

Because pharmacotherapy represents an emerging and comparatively underdeveloped area of misophonia research, pharmacological evidence was evaluated separately from behavioral and psychological interventions.

The pharmacotherapeutic analysis examined:

- Reported medication classes;
- Proposed mechanisms of action;
- Target symptoms;
- Treatment response;
- Adverse effects;
- Treatment duration;
- Associated psychiatric comorbidities;
- Methodological quality of available studies;
- Strength and consistency of evidence; and
- Limitations affecting clinical interpretation.

Particular attention was given to antidepressant and other psychotropic approaches that have been reported in individual cases or investigated in patients with relevant comorbidities.
The review explicitly differentiated direct evidence for treatment of core misophonia symptoms from evidence derived from treatment of associated anxiety, depression, obsessive-compulsive symptoms, irritability, or other psychiatric manifestations. Pharmacological efficacy was not inferred solely from theoretical neurotransmitter associations or clinical responses in unrelated disorders.

Neurochemical and Pharmacological Framework

Potential involvement of major neurotransmitter systems was examined conceptually, including serotonergic, dopaminergic, noradrenergic, GABAergic, glutamatergic, and endogenous opioid mechanisms**.** These systems were considered in relation to emotional regulation, salience attribution, reward and reinforcement learning, autonomic arousal, inhibitory control, sensory gating, and stress responsiveness.
However, the methodology maintained an explicit distinction between biological plausibility and demonstrated therapeutic efficacy**.** The existence of a plausible neurochemical mechanism was not considered sufficient evidence to recommend a pharmacological intervention.

Evaluation of Emerging Therapies

Emerging therapeutic approaches were assessed according to their proposed mechanism, clinical feasibility, preliminary evidence, safety considerations, and potential for integration into individualized treatment.
Interventions examined included cognitive-behavioral therapy, exposure and counterconditioning, mindfulness-based approaches, psychoeducation, sound masking and enrichment, environmental modification, attentional retraining, digital interventions, and other multidisciplinary approaches.
Potential future applications of precision medicine were evaluated in relation to clinical phenotyping, neuroimaging, electrophysiology, autonomic measurements, genetic investigation, computational modeling, and digital symptom monitoring.

Critical Appraisal

The available literature was critically interpreted rather than treated as uniformly equivalent evidence. Greater weight was assigned to replicated findings, appropriately controlled clinical studies, systematic reviews, well-characterized cohorts, and investigations using validated diagnostic or outcome measures.
Particular limitations considered included:

- Small sample sizes;
- Heterogeneous diagnostic definitions;
- Inconsistent terminology;
- Cross-sectional study designs;
- Limited longitudinal evidence;
- Absence of disease-specific biomarkers;
- Potential selection bias;
- Reliance on self-reported symptoms;
- Variable treatment protocols;
- Limited randomized controlled trials;
- Publication bias;
- Insufficient replication;
- And extrapolation of pharmacological evidence from related disorders.

The review also considered the risk of overinterpretation of neuroimaging associations and the possibility that observed neural abnormalities may represent consequences rather than primary causes of misophonic symptoms.

Data Synthesis

Because substantial methodological and clinical heterogeneity exists across the literature, findings were synthesized primarily through qualitative thematic analysis rather than quantitative meta-analysis. Evidence was compared according to consistency, biological plausibility, methodological strength, clinical relevance, and reproducibility.

The synthesis focused on identifying convergent mechanisms capable of linking trigger perception with emotional and autonomic responses. Particular attention was given to the proposed sequence of:

Trigger detection → auditory processing → salience attribution → emotional appraisal → autonomic activation → behavioral response → reinforcement and future anticipatory sensitivity.

This framework was used to integrate findings from neuroscience, psychology, audiology, psychiatry, and pharmacology.

Ethical Considerations

As this methodology involved analysis of previously published scientific literature and did not involve recruitment of human participants, collection of identifiable patient information, experimental drug administration, or direct intervention, institutional ethical approval and informed consent were not required for the review itself. Ethical principles relevant to clinical interpretation were nevertheless considered, particularly regarding responsible communication of preliminary pharmacotherapeutic evidence and avoidance of unsupported treatment recommendations.

Methodological Limitations

Several limitations should be recognized. First, the rapidly developing nature of misophonia research means that diagnostic terminology and conceptual models continue to evolve. Second, the relatively small number of controlled clinical and pharmacological studies limits definitive conclusions regarding treatment efficacy. Third, substantial variation in participant selection and diagnostic criteria may influence reported prevalence and neurobiological findings. Fourth, much of the pharmacotherapeutic literature remains based on limited clinical observations rather than adequately powered randomized controlled trials.

Accordingly, conclusions concerning disease-specific pharmacotherapy were interpreted conservatively. The present methodology emphasizes that experimental pharmacological hypotheses should not be equated with established therapeutic recommendations**.** Future research should employ internationally standardized diagnostic criteria, sufficiently powered multicenter trials, validated outcome measures, objective physiological endpoints, longitudinal follow-up, and appropriately designed randomized controlled pharmacotherapy studies.

Overall, this methodology provides a structured framework for integrating the rapidly expanding but heterogeneous literature on misophonia and for critically examining the relationship between its neurobiological mechanisms, clinical phenotype, diagnostic challenges, and emerging pharmacotherapeutic strategies.

RESULTS AND DISCUSSION

The research findings indicate that misophonia is a complex sensory-emotional disorder characterized by disproportionately intense affective, autonomic, and behavioral reactions to specific auditory or audiovisual stimuli. The evidence does not support interpreting misophonia as a conventional hearing disorder because many affected individuals demonstrate normal peripheral auditory thresholds despite severe subjective distress. Instead, research increasingly identifies abnormal higher-order integration between auditory perception, salience attribution, emotional processing, interoception, attention, autonomic regulation, and behavioral control as central components of the condition.

Neuroimaging research has provided important evidence for altered activity and connectivity within auditory and salience-related networks. Trigger sounds have been associated with

enhanced activation of the anterior insula and anterior cingulate cortex, together with interactions involving auditory cortical and limbic regions. These findings suggest that trigger stimuli acquire excessive biological and motivational significance after auditory recognition. The response therefore appears to reflect an exaggerated transition from sensory detection to emotional and physiological activation.

Research has also identified increased autonomic responsiveness during exposure to misophonic triggers. Changes in heart rate, skin conductance, respiratory activity, muscle tension, and subjective physiological arousal indicate activation of defensive or motivational systems. The rapidity of these responses suggests that trigger processing may involve relatively automatic mechanisms that occur before deliberate cognitive regulation can substantially modify the reaction.

A consistent research finding is the specificity of triggers. Individuals commonly report strong reactions to repetitive human-generated sounds, including chewing, swallowing, breathing, sniffing, throat clearing, tapping, clicking, and other repetitive noises. Importantly, the physical loudness of these sounds is not necessarily responsible for the response. The selective nature of the phenomenon indicates that acoustic characteristics interact with learned associations, attention, contextual meaning, and emotional salience.

Clinical research demonstrates considerable heterogeneity in emotional responses. Anger and irritation are frequently reported, but disgust, anxiety, panic-like distress, resentment, helplessness, and an urgent need to escape may also occur. Some individuals experience predominantly physiological activation, whereas others experience prominent cognitive preoccupation or behavioral avoidance. This heterogeneity supports a dimensional rather than strictly categorical understanding of misophonia.

The findings further indicate that anticipatory processing contributes substantially to symptom maintenance. Individuals may monitor their environment for potential triggers and experience anxiety before the sound actually occurs. This heightened vigilance increases the probability of detecting subtle auditory stimuli and may strengthen the expectation that exposure will be intolerable. Consequently, attention, prediction, and emotional response can form a self-reinforcing cycle.

Conditioning mechanisms provide another important explanation for chronicity. A previously neutral sound may become associated with unpleasant emotional or interpersonal experiences. Repeated pairing can strengthen the association between the sound and negative affect, causing subsequent exposure to activate the response automatically. Avoidance or escape then produces immediate relief, which may negatively reinforce avoidance behavior and prevent extinction of the conditioned response.

Research also indicates that perceived control and contextual factors influence symptom severity. Trigger sounds may be more distressing when patients feel unable to escape, modify the environment, or influence the person producing the sound. Conversely, increased environmental predictability and perceived control may reduce distress. These findings demonstrate that misophonia is influenced by cognitive and social variables in addition to sensory characteristics.

Functional research demonstrates that severe misophonia can produce substantial impairment. Patients may avoid meals with family members, social gatherings, public transportation, classrooms, workplaces, or other environments containing predictable triggers. Repeated avoidance can progressively restrict social participation and contribute to interpersonal conflict, isolation, frustration, embarrassment, and reduced quality of life.

Research examining psychiatric comorbidity has identified associations between misophonia and anxiety, depressive symptoms, obsessive-compulsive features, attention-related difficulties, and other sensory-processing characteristics. However, the evidence does not justify classifying misophonia simply as a manifestation of another psychiatric disorder.

Instead, comorbidities may represent interacting vulnerability factors or secondary consequences of chronic sensory-emotional distress.

The diagnostic findings reveal substantial methodological limitations. Different studies have used different definitions, severity thresholds, diagnostic instruments, and inclusion criteria. This heterogeneity complicates comparisons between studies and contributes to uncertainty regarding prevalence and natural history. Standardized diagnostic criteria and internationally validated assessment instruments remain important research priorities.

Current research supports differentiating misophonia from hyperacusis and phonophobia. Hyperacusis primarily involves decreased tolerance of sound intensity, whereas misophonia is characterized by selective emotional responses to particular stimuli. Phonophobia generally involves fear or aversion to sound and may occur in neurological conditions such as migraine. Although these conditions can coexist, their underlying mechanisms and clinical manifestations should not be considered identical.

Research into treatment has produced preliminary evidence supporting cognitive-behavioral and behavioral approaches. Cognitive restructuring, exposure-based strategies, counterconditioning, attentional regulation, emotional regulation, and individualized sound-management approaches may reduce symptom severity in selected patients. However, differences in treatment protocols, small sample sizes, and limited controlled trials prevent definitive conclusions regarding comparative efficacy.

The pharmacotherapeutic findings are considerably more limited. No medication has been established as a universally effective, disease-specific treatment for misophonia. Pharmacological interventions have generally been considered when clinically significant anxiety, depression, obsessive-compulsive symptoms, irritability, or other comorbid conditions are present. Antidepressants may therefore provide benefit in selected patients, but available evidence does not establish that serotonergic dysfunction represents the primary cause of misophonia.

Potential involvement of dopaminergic, noradrenergic, GABAergic, and glutamatergic systems remains scientifically plausible. Dopaminergic mechanisms may be relevant to aberrant salience and reinforcement; noradrenergic mechanisms may contribute to autonomic arousal and hypervigilance; and GABAergic and glutamatergic systems may influence sensory gating and cortical excitability. Nevertheless, these hypotheses remain investigational and require direct pharmacological validation.

An important research finding is that improvement in comorbid psychiatric symptoms should not automatically be equated with resolution of core misophonia. A medication may reduce anxiety or depressive symptoms while leaving the patient's specific trigger response largely unchanged. Future clinical trials should therefore use misophonia-specific primary outcomes alongside standardized psychiatric measures.

Research increasingly supports a multimodal therapeutic framework. Environmental sound management may provide immediate symptom relief, while psychological and behavioral interventions may target conditioned associations, anticipatory anxiety, attentional bias, and avoidance. Pharmacotherapy may be appropriate for clearly defined comorbidities. The combination of these approaches should be evaluated systematically rather than assumed to be effective on the basis of theoretical rationale alone.

The findings also highlight the potential value of precision medicine. Clinical phenotyping may distinguish patients according to dominant mechanisms, such as autonomic hyperreactivity, obsessive-compulsive characteristics, anxiety-related amplification, sensory over-responsivity, or severe avoidance. Future studies integrating neuroimaging, electrophysiology, autonomic measurements, behavioral assessment, and molecular research may identify biomarkers capable of predicting treatment response.

Digital technologies represent another emerging research direction. Smartphone-based symptom monitoring, ecological momentary assessment, and wearable physiological sensors may allow investigators to examine trigger exposure and autonomic responses in real-world environments. These methods could provide more accurate information about symptom frequency, environmental context, stress-related amplification, and treatment response than retrospective questionnaires alone.

The research findings support the characterization of misophonia as a multidimensional neurobehavioral disorder involving abnormal sensory-emotional integration. The most consistent evidence concerns altered salience processing, autonomic activation, attentional hypervigilance, conditioning, and avoidance. Diagnostic standardization remains incomplete, while pharmacotherapeutic evidence is preliminary. Future research should therefore prioritize rigorous longitudinal studies, standardized diagnostic frameworks, objective biomarkers, randomized controlled treatment trials, pharmacovigilance, and mechanism-based precision therapeutics.

The integrated analysis of the available literature indicates that misophonia is best understood as a complex neurobehavioral condition involving abnormal interactions between auditory processing, emotional appraisal, salience attribution, autonomic regulation, attention, learning, and behavioral control. Across the literature, the most consistent observation is that individuals with misophonia do not necessarily demonstrate generalized abnormalities in hearing sensitivity. Instead, they exhibit highly selective and disproportionate responses to particular sounds, suggesting that the principal disturbance occurs at the level of higher-order sensory-emotional processing. This distinction represents an important conceptual shift from viewing misophonia as a simple auditory sensitivity disorder toward understanding it as a disorder of stimulus-specific affective salience.

A recurrent finding across clinical investigations is the rapidity with which trigger stimuli can produce emotional and physiological responses. Individuals may experience anger, irritation, disgust, anxiety, distress, or an urgent need to escape within seconds of exposure. In many cases, autonomic manifestations accompany the subjective emotional response, including increased heart rate, sweating, muscle tension, respiratory changes, and generalized sympathetic activation. The temporal relationship between trigger exposure and physiological arousal supports the interpretation that misophonia involves rapid recruitment of defensive or motivational neural systems rather than solely conscious cognitive appraisal.

Neurobiological evidence provides further support for this interpretation. Investigations using functional neuroimaging have repeatedly drawn attention to interactions between auditory cortical regions and structures involved in salience detection and emotional processing. The anterior insular cortex, anterior cingulate cortex, amygdala, medial prefrontal regions, and sensorimotor networks have been particularly relevant. The convergence of these findings suggests that the misophonic response emerges from distributed network dysfunction rather than an isolated lesion or abnormality within the auditory system.

The auditory cortex is likely to represent the initial cortical stage at which trigger characteristics are identified. However, the magnitude of the emotional response cannot be explained by auditory activation alone. Many trigger sounds are quiet and acoustically ordinary. Therefore, the critical pathological process appears to occur after basic sensory detection, when the brain assigns behavioral and emotional significance to the stimulus. This supports the concept that misophonia involves altered coupling between auditory representations and neural systems responsible for salience, motivation, affect, and action selection.

The anterior insula appears particularly important because of its role in integrating external sensory information with internal bodily states. Excessive or inappropriate recruitment of this region could contribute to the transition from auditory perception to subjective emotional distress. The insula may also explain why autonomic changes are experienced as an integral

component of the trigger response. Once sympathetic activation develops, heightened interoceptive awareness may amplify the perception of discomfort and further reinforce the negative emotional evaluation of the stimulus.

The anterior cingulate cortex provides another plausible neural substrate for the intense behavioral urgency frequently reported by patients. Because this region contributes to conflict detection, motivational processing, emotional regulation, attention, and behavioral selection, abnormal activation may transform a neutral sensory event into an experience requiring immediate action. The subjective sensation of "I must make this sound stop" may therefore reflect excessive recruitment of motivational and response-selection networks.

The amygdala may participate in the rapid assignment of negative emotional significance to trigger stimuli. Repeated exposure to specific sounds in emotionally charged contexts can facilitate associative learning. Once a sound becomes associated with anger, disgust, helplessness, or anxiety, subsequent exposure may activate the learned response automatically. This model provides a plausible explanation for the persistence of symptoms even when individuals understand intellectually that the trigger itself is harmless.

The available evidence therefore supports a model in which misophonia involves both bottom-up sensory processing and top-down cognitive modulation. The acoustic stimulus provides the initial sensory input, but expectations, attention, memory, previous experiences, contextual interpretation, and perceived controllability can modify the final emotional response. Individuals may begin anticipating a trigger before it occurs, resulting in increased vigilance and autonomic arousal. This anticipatory component is clinically important because it can transform a response to a specific sound into a broader pattern of environmental monitoring.

The concept of predictive processing provides a useful theoretical explanation for this phenomenon. The nervous system continuously generates expectations regarding sensory events. When a specific sound has acquired strong negative predictive value, its anticipated occurrence may produce heightened attentional allocation even before the stimulus is detected. Subsequent exposure confirms the prediction and reinforces the neural association. Over time, this process could create a progressively lower threshold for trigger detection and an increasingly rapid emotional response.

Conditioning and reinforcement mechanisms also appear to contribute to symptom maintenance. A neutral sound may become aversive after repeated pairing with unpleasant emotional or interpersonal experiences. Once conditioned, the sound can independently produce distress. Avoidance then provides immediate relief, reinforcing escape behavior. Although avoidance reduces short-term discomfort, it may prevent adaptive learning and maintain the expectation that exposure is intolerable. This mechanism may explain why severe cases can progressively involve increasingly broad social and environmental restrictions.

The clinical literature demonstrates substantial heterogeneity. Patients differ in their specific triggers, emotional responses, autonomic manifestations, severity, age of onset, coping mechanisms, and functional impairment. Some individuals primarily report irritation, whereas others experience intense anger, disgust, panic-like distress, or aggressive impulses. This heterogeneity suggests that misophonia may represent a spectrum of related phenotypes rather than a single biologically homogeneous disorder.

Trigger specificity is one of the most distinctive clinical characteristics. Common triggers include chewing, swallowing, breathing, sniffing, throat clearing, tapping, clicking, typing, and repetitive vocal sounds. Importantly, the same individual may tolerate many other sounds at considerably higher acoustic intensity. This observation differentiates misophonia from hyperacusis, in which the physical loudness or unpleasantness of sounds is generally more important. Phonophobia and other forms of decreased sound tolerance may coexist, but they should not automatically be considered synonymous with misophonia.

The emotional response is also broader than the term “sound hatred” implies. Anger is frequently reported, but disgust, irritation, anxiety, panic, distress, resentment, and helplessness may occur independently or simultaneously. Some individuals describe an immediate fight-or-flight reaction, while others experience a strong urge to control the environment. This diversity reinforces the need for diagnostic instruments capable of capturing multiple emotional and behavioral dimensions.

Functional impairment represents an important determinant of clinical significance. Mild symptoms may be manageable through environmental adjustments, whereas severe misophonia can affect education, employment, family life, intimate relationships, travel, and social participation. Meals are particularly vulnerable because eating-related sounds are among the most frequently reported triggers. Patients may avoid eating with others, isolate themselves during meals, use headphones, or leave social environments prematurely.

The interpersonal consequences can be substantial. Trigger sounds are often produced by family members, partners, friends, or colleagues. Consequently, the affected individual may associate the emotional response with a specific person. This can lead to interpersonal conflict, guilt, embarrassment, resentment, and social withdrawal. In some cases, family members may interpret the patient's response as intentional hostility, further increasing emotional stress and potentially strengthening the trigger association.

The diagnostic literature demonstrates considerable inconsistency. Although several diagnostic frameworks and assessment instruments have been proposed, there remains no universally accepted diagnostic standard or biological test. This lack of consensus creates challenges for clinical practice and research. Studies using different definitions may recruit substantially different populations, making prevalence estimates and treatment outcomes difficult to compare.

Differential diagnosis remains particularly important. Hyperacusis is generally characterized by abnormal sensitivity to sound intensity, whereas misophonia is characterized by selective emotional reactions to particular stimuli. Phonophobia involves fear or intolerance of sound and may occur in neurological conditions such as migraine. Sensory over-responsivity can occur in developmental and neuropsychiatric disorders and may involve multiple sensory modalities. Obsessive-compulsive disorder, anxiety disorders, autism-spectrum conditions, tic disorders, and trauma-related disorders may produce overlapping symptoms but have different defining clinical features.

The literature also suggests that psychiatric comorbidity may influence disease severity and treatment requirements. Anxiety and depressive symptoms may increase anticipatory vigilance and reduce emotional regulation capacity. Obsessive-compulsive symptoms may contribute to repetitive avoidance or attempts to control environmental triggers. Autism-spectrum traits and other sensory-processing differences may increase vulnerability to sound-related distress. Nevertheless, comorbidity should not be interpreted as evidence that misophonia is merely a symptom of another psychiatric diagnosis.

From a neurochemical perspective, the results remain considerably less definitive. Serotonergic mechanisms have attracted attention because serotonin influences mood, anxiety, impulsivity, obsessive-compulsive symptoms, and emotional regulation. Dopaminergic systems are theoretically relevant because of their role in salience attribution, motivation, reward prediction, and reinforcement. Noradrenergic pathways may contribute to autonomic arousal and hypervigilance, while GABAergic and glutamatergic mechanisms may influence inhibitory control and sensory gating. However, current evidence does not establish a single neurotransmitter abnormality responsible for misophonia.

This uncertainty is particularly important when evaluating pharmacotherapeutic strategies. The available literature does not support the designation of any medication as a universally effective, disease-specific treatment for misophonia. Pharmacotherapy has generally been

considered in the context of comorbid psychiatric symptoms or individual clinical circumstances. Reports of improvement with antidepressants or other psychotropic medications provide useful clinical observations but cannot establish efficacy without controlled trials.

Selective serotonin reuptake inhibitors and serotonin-norepinephrine reuptake inhibitors may be relevant when anxiety, depression, obsessive-compulsive symptoms, or related disorders are clinically significant. Their potential benefit may result from reduction of comorbid psychopathology rather than direct modification of the neural mechanisms responsible for trigger-specific reactivity. Consequently, pharmacological response should not automatically be interpreted as evidence of a primary serotonergic pathophysiology.

Similarly, other psychotropic agents may theoretically influence irritability, emotional regulation, arousal, or impulse control. However, the evidence remains insufficient to support routine pharmacological treatment specifically for misophonia. The use of medications must therefore be individualized and based on a comprehensive assessment of symptom severity, comorbidity, adverse-effect risk, drug interactions, and functional consequences.

An important result emerging from the literature is the distinction between core misophonia symptoms and associated psychiatric manifestations**.** A patient may experience reduced anxiety or depressive symptoms after pharmacological treatment while continuing to experience strong reactions to specific trigger sounds. Therefore, future clinical trials should measure both psychiatric outcomes and misophonia-specific outcomes. Trigger intensity, latency of emotional response, autonomic activation, avoidance behavior, and functional impairment should be evaluated independently.

Behavioral and psychological approaches currently have a stronger conceptual basis for addressing the mechanisms that maintain misophonic responses. Cognitive-behavioral strategies may help modify catastrophic interpretations, reduce anticipatory anxiety, improve emotional regulation, and challenge maladaptive avoidance. Exposure and counterconditioning approaches may facilitate new associations between previously aversive stimuli and neutral or tolerable emotional states. However, the effectiveness of these interventions may vary substantially between individuals, and standardized treatment protocols remain under development.

Sound-management strategies may provide immediate practical benefits. Background noise, sound enrichment, headphones, environmental modification, and control of exposure may reduce the intensity or frequency of trigger encounters. Nevertheless, exclusive dependence on avoidance may reinforce the underlying fear or aversion response. Consequently, environmental strategies may be most useful when incorporated into a broader individualized treatment program.

The literature increasingly supports a multidisciplinary model of care. Audiologists may assist in evaluating auditory sensitivity and differentiating misophonia from other sound-tolerance disorders. Psychologists and psychiatrists may address emotional regulation, anxiety, obsessive-compulsive symptoms, and behavioral avoidance. Neurologists may be involved when neurological comorbidity is suspected. Pharmacologists and clinical pharmacologists can contribute to rational medication selection, monitoring of adverse effects, drug interactions, and assessment of pharmacotherapeutic evidence.

The concept of precision medicine represents a particularly promising direction. Clinical heterogeneity suggests that different patients may have different dominant mechanisms. One subgroup may exhibit pronounced autonomic reactivity, another may demonstrate strong obsessive-compulsive features, while another may primarily experience sensory-emotional over-responsivity. Identifying these phenotypes could allow treatment to be selected according to mechanism rather than relying on a uniform therapeutic approach.

Future biomarker development may substantially improve this process. Functional neuroimaging could potentially identify patterns of abnormal connectivity among auditory, salience, limbic, and motor networks. Electrophysiological measures may provide information about temporal processing and sensory gating. Autonomic measurements could quantify physiological reactivity. Genetic and molecular approaches may eventually identify susceptibility factors or biologically meaningful subgroups. Digital phenotyping could additionally capture real-world trigger frequency, environmental context, avoidance behavior, and treatment response.

The current evidence also highlights several major research gaps. Most importantly, relatively few large, multicenter, longitudinal studies have been conducted. Sample sizes are often limited, diagnostic criteria vary, and many studies rely heavily on self-reported symptoms. These limitations reduce the ability to establish causal relationships between neural abnormalities and clinical manifestations.

Pharmacological research is particularly underdeveloped. There is a need for randomized controlled trials specifically designed for patients meeting standardized misophonia criteria. Such trials should incorporate validated severity scales, objective autonomic measures, functional outcomes, adverse-event monitoring, and long-term follow-up. Comparisons between pharmacotherapy, psychological interventions, combined approaches, and placebo or standard-care conditions would provide substantially stronger evidence than isolated case reports.

Another important research priority is the investigation of treatment response according to phenotype. A medication that is ineffective for core trigger reactivity may still be valuable for patients with prominent anxiety or obsessive-compulsive symptoms. Conversely, a behavioral intervention may be particularly beneficial for individuals whose symptoms are strongly maintained by avoidance and anticipatory conditioning. Treatment trials should therefore move toward stratified analyses rather than assuming that all participants represent a biologically uniform population.

The integrated findings support a conceptual pathway in which specific sensory input activates enhanced salience attribution, emotional appraisal, autonomic arousal, and behavioral response, followed by reinforcement of anticipatory attention and avoidance**.** This model accommodates both neurobiological and psychological mechanisms and provides a rational basis for multidisciplinary treatment.

The results indicate that misophonia represents a clinically meaningful and biologically complex condition characterized by abnormal sensory-emotional integration rather than generalized auditory hypersensitivity. The strongest evidence currently concerns the involvement of distributed neural networks connecting auditory processing with salience, interoception, emotional regulation, autonomic control, and motor-response systems. Clinical manifestations range from mild irritation to severe emotional and behavioral disruption, with considerable effects on social relationships and quality of life.

The pharmacotherapeutic evidence remains substantially less mature than the neurobiological literature. Current pharmacological strategies should therefore be interpreted primarily as adjunctive or symptom-targeted interventions, particularly when significant psychiatric comorbidity is present. No single neurotransmitter system or medication class can currently be considered definitively responsible for, or specifically effective against, core misophonia.

The most promising future direction is an integrated precision-medicine framework combining standardized diagnosis, neurobiological characterization, clinical phenotyping, behavioral assessment, pharmacological evaluation, and individualized treatment selection. Such an approach may eventually identify distinct mechanistic subtypes and facilitate development of targeted pharmacotherapeutic interventions. Until that evidence becomes available, treatment

should remain individualized, multidisciplinary, evidence-informed, and cautious regarding unsupported pharmacological claims.

Neurobiological Integration of Sensory and Emotional Processing

The cumulative evidence further supports the interpretation that misophonia represents a disorder of functional integration between sensory perception and emotional-motivational processing**.** The auditory stimulus itself is not necessarily abnormal in intensity or complexity. Rather, the abnormality appears to emerge when the stimulus is evaluated within higher-order neural systems. This distinction is important because it explains why conventional hearing tests may be normal despite profound subjective distress.

The transition from auditory perception to emotional reaction appears to involve rapid communication between the auditory cortex and the salience network. The salience network, particularly the anterior insula and anterior cingulate cortex, determines which environmental events require enhanced attention and behavioral resources. In misophonia, trigger sounds may receive an exaggerated salience assignment, resulting in disproportionate recruitment of emotional and autonomic systems. This model provides a coherent explanation for the rapid onset, stimulus specificity, and behavioral urgency characteristic of the condition.

The findings also suggest that contextual information modifies neural responses**.** Trigger sounds do not necessarily produce identical reactions under all circumstances. The identity of the person producing the sound, the individual's relationship with that person, perceived controllability, environmental stress, and expectations can alter symptom severity. This contextual dependency demonstrates that misophonia is not solely an acoustic phenomenon. Instead, the brain integrates auditory information with memory, social cognition, emotional meaning, and prediction.

Role of Attention and Hypervigilance

Attention appears to be an important mediator of symptom severity. Individuals who repeatedly monitor their environment for potential triggers may develop heightened auditory vigilance. This process increases the probability of detecting subtle sounds that might otherwise remain outside conscious awareness. Once detected, the sound is interpreted according to an established negative expectation, initiating the emotional response.

Hypervigilance may therefore operate as both a consequence and a maintaining factor. Repeated unpleasant experiences encourage increased monitoring, while increased monitoring increases trigger detection. This creates a self-reinforcing cycle that may contribute to chronicity. The clinical implication is that successful management may require interventions targeting attentional allocation rather than simply eliminating exposure to trigger sounds.

Attentional processes may also explain why symptom severity can increase during periods of stress, fatigue, or reduced cognitive control. Under conditions of psychological stress, the ability to regulate attention and suppress irrelevant sensory information may be diminished. Consequently, trigger sounds may become more prominent and emotionally intrusive. This observation reinforces the importance of assessing environmental and psychological modifiers during clinical evaluation.

Interoception and Autonomic Reactivity

The prominent physiological response observed in many individuals provides evidence that misophonia involves more than subjective emotional discomfort. Autonomic changes indicate engagement of central mechanisms controlling cardiovascular, respiratory, and sympathetic activity. The anterior insula provides a potential anatomical bridge between external sensory input and internal bodily awareness.

Interoceptive amplification may contribute to symptom escalation. Once a trigger initiates sympathetic activation, the individual becomes increasingly aware of bodily changes. These

sensations may be interpreted as evidence that the situation is intolerable, further increasing emotional arousal. Consequently, a feedback loop may develop between sensory perception, bodily sensation, emotional interpretation, and behavioral response.

This mechanism has potential therapeutic relevance because interventions that improve interoceptive regulation, emotional awareness, and autonomic control may complement conventional behavioral strategies. Mindfulness-based approaches and physiological self-regulation techniques may therefore warrant further investigation, although their effectiveness specifically for misophonia requires stronger controlled evidence.

Neuroplasticity and Persistence of Symptoms

The persistence of misophonia can potentially be explained by activity-dependent neuroplasticity. Repeated activation of auditory-emotional pathways may strengthen functional associations between particular stimuli and negative emotional responses. This does not imply permanent structural damage but rather a learned and reinforced pattern of neural processing.

Neuroplasticity may also explain why symptom profiles can change over time. New triggers may emerge when similar acoustic or behavioral characteristics become associated with previously established aversive responses. Conversely, reduced exposure, successful behavioral intervention, or changes in emotional context may potentially weaken the association. These possibilities support the development of interventions designed not only to suppress symptoms but also to modify maladaptive sensory-emotional learning.

Social Cognition and Interpersonal Meaning

The social nature of many misophonic triggers is a distinctive feature requiring further investigation. Sounds such as chewing, breathing, sniffing, and swallowing are generated by human behavior and may therefore activate neural systems associated with social perception and action interpretation.

The emotional reaction may be intensified when the trigger is produced by someone with whom the patient has an emotionally significant relationship. Perceived intentionality may also influence symptom severity. If the patient believes that another person is deliberately producing the sound or refusing to modify the behavior, anger may become stronger than when the same sound occurs accidentally or anonymously.

This observation demonstrates that social meaning and cognitive appraisal may interact with sensory processing. Consequently, therapeutic interventions that address interpersonal interpretation, communication, and boundary setting may be useful components of comprehensive management.

Diagnostic Standardization and Clinical Reliability

A major outcome of the literature synthesis is the recognition that diagnostic inconsistency remains one of the principal barriers to scientific progress. Studies frequently differ in how they define clinically significant misophonia, which triggers are considered diagnostic, how emotional responses are measured, and what degree of impairment is required.

Standardized diagnostic criteria should ideally distinguish between occasional annoyance and clinically significant misophonia. Important dimensions should include trigger specificity, reproducibility of the response, rapidity of emotional activation, autonomic symptoms, behavioral reactions, avoidance, persistence, and functional impairment.

A dimensional approach may be particularly useful. Rather than defining misophonia solely as present or absent, severity could be characterized across multiple domains, including emotional intensity, physiological activation, frequency of triggers, degree of avoidance, social impairment, and occupational or educational consequences.

Pharmacotherapeutic Interpretation

The integrated findings indicate that pharmacotherapy should currently be conceptualized as adjunctive rather than definitive. The absence of high-quality randomized controlled trials

means that no pharmacological agent can be confidently described as a standard disease-specific treatment.

The greatest immediate pharmacotherapeutic value may occur in patients in whom misophonia coexists with clinically significant anxiety, depression, obsessive-compulsive symptoms, sleep disturbance, or severe irritability. In such circumstances, medication may reduce the overall psychological burden and potentially improve the patient's capacity to engage in behavioral treatment.

However, this approach must be distinguished from direct treatment of the misophonic trigger response. Improvement in generalized anxiety does not necessarily indicate normalization of auditory-emotional processing. Future trials should therefore use misophonia-specific primary endpoints rather than relying exclusively on generic psychiatric symptom scales.

Antidepressant Strategies

Serotonergic antidepressants remain theoretically interesting because serotonin participates in emotional regulation, anxiety, compulsivity, impulsivity, and behavioral inhibition. Their use may be rational in patients with substantial depressive or anxiety-related comorbidity. Nevertheless, the available evidence does not establish that serotonergic dysfunction is the fundamental cause of misophonia.

Similarly, serotonin-norepinephrine reuptake inhibition could theoretically influence both affective symptoms and autonomic arousal. Yet theoretical pharmacological relevance should not be confused with demonstrated efficacy. Treatment decisions should therefore remain clinically individualized and consistent with established indications for the medication being considered.

Potential Role of Other Neuropharmacological Approaches

The involvement of dopaminergic pathways remains an area of theoretical interest because dopamine contributes to motivational salience, reinforcement learning, attention, and behavioral selection. If abnormal salience assignment is confirmed as a core mechanism, dopaminergic modulation may become relevant to future therapeutic research. At present, however, there is insufficient evidence to recommend dopamine-targeting medication specifically for misophonia.

Noradrenergic mechanisms are similarly relevant because sympathetic arousal and hypervigilance are common components of the clinical response. Agents affecting autonomic activation may theoretically influence physiological symptoms, but systematic studies are needed before such strategies can be considered evidence-based treatment for misophonia.

GABAergic and glutamatergic mechanisms may also warrant investigation because inhibitory and excitatory neurotransmission regulate sensory filtering, cortical responsiveness, and emotional control. However, pharmacological manipulation of these systems carries substantial clinical considerations, and there is currently insufficient evidence to justify routine use specifically for misophonia.

Pharmacovigilance Considerations

The pharmacological management of misophonia should incorporate principles of pharmacovigilance. Because medications may be prescribed in the presence of multiple psychiatric symptoms or comorbid conditions, clinicians should systematically monitor therapeutic response, adverse reactions, drug interactions, and changes in functional status.

Particular caution is warranted when medications with sedative, cognitive, cardiovascular, or dependence-related effects are considered. The potential benefit should always be evaluated against the possibility that medication-related adverse effects could impair occupational, educational, or social functioning.

Longitudinal monitoring is especially important because misophonia is often chronic and may fluctuate according to environmental and psychological factors. A medication that appears beneficial during an acute period of severe stress may not provide sustained improvement in

core symptoms. Therefore, treatment continuation should be based on documented clinical benefit rather than theoretical expectation.

Combined Therapeutic Models

The available evidence increasingly supports a multimodal treatment model rather than reliance on a single intervention. Pharmacotherapy may be appropriate for comorbid psychiatric symptoms, while cognitive-behavioral and behavioral interventions target avoidance, attentional bias, emotional regulation, and conditioned responses.

This approach is consistent with the multifactorial nature of the disorder. If misophonia involves sensory processing, emotional appraisal, autonomic activation, learning, and behavioral reinforcement simultaneously, a treatment addressing only one component may provide incomplete benefit.

Combined treatment may therefore include psychoeducation, individualized environmental management, psychological intervention, treatment of psychiatric comorbidity, and careful consideration of pharmacotherapy. The relative contribution of each component should be determined according to individual phenotype and severity.

Precision Medicine and Future Pharmacotherapy

Precision medicine represents one of the most promising future directions. Current evidence suggests that patients may differ in dominant mechanisms, including sensory sensitivity, autonomic hyperreactivity, obsessive-compulsive features, anxiety, emotional dysregulation, or conditioned avoidance.

Future clinical trials could classify participants according to these phenotypes before treatment. Neuroimaging, electrophysiology, autonomic measurements, behavioral testing, and molecular investigations could potentially identify biomarkers predicting response to specific interventions.

A precision pharmacotherapy model could eventually involve matching medication mechanisms to biologically defined subgroups. For example, individuals with dominant anxiety-related mechanisms might respond differently from those with primarily salience-related or autonomic phenotypes. Such hypotheses require rigorous investigation and should not currently be interpreted as established clinical algorithms.

Quality of Evidence

The overall evidence base remains limited by methodological heterogeneity. Many studies use relatively small samples, retrospective designs, self-report instruments, or specialized clinical populations. These characteristics increase the risk of selection bias and reduce generalizability.

Another limitation is the difficulty of establishing causal relationships. Neuroimaging studies can identify associations between trigger exposure and brain activity but cannot necessarily determine whether the observed neural pattern causes misophonia or results from repeated exposure and conditioning.

Pharmacological evidence is even more limited. Case reports are useful for generating hypotheses but cannot establish efficacy, while uncontrolled treatment studies cannot reliably separate medication effects from placebo responses, regression to the mean, environmental changes, or concurrent behavioral interventions.

Future research should therefore prioritize adequately powered, multicenter, prospective, randomized, placebo-controlled trials with standardized diagnostic criteria and clinically meaningful outcomes.

Clinical Implications

The clinical implications of the evidence are substantial. Healthcare professionals should recognize that misophonia can produce genuine and measurable emotional and physiological responses despite normal conventional hearing. Validation of the patient's experience is

therefore important, while simultaneously avoiding unnecessary pathologization of ordinary annoyance.

Assessment should be comprehensive and include trigger identification, symptom severity, emotional and physiological responses, functional impairment, psychiatric comorbidity, avoidance behavior, and environmental factors. The presence of significant anxiety, depression, obsessive-compulsive symptoms, or other psychiatric disorders should be evaluated because these conditions may substantially influence treatment planning.

Patients should also be informed that current pharmacological evidence remains limited. Such transparency is essential for informed decision-making and for preventing unrealistic expectations regarding medication. Pharmacotherapy should generally be considered according to established clinical indications and individualized risk-benefit assessment.

Research Priorities

Several priorities emerge from the integrated findings. First, internationally accepted diagnostic criteria are needed. Second, standardized clinical instruments should be validated across diverse populations. Third, longitudinal studies should clarify natural history, progression, remission, and factors associated with worsening or improvement.

Fourth, neurobiological investigations should move beyond identifying isolated brain regions toward understanding network-level interactions. Fifth, studies should investigate the relationship between neural findings and specific clinical phenotypes. Sixth, pharmacological research should progress from anecdotal observations toward randomized controlled trials specifically designed to evaluate core misophonia symptoms.

Finally, future research should emphasize collaboration among neuroscience, psychiatry, psychology, audiology, pharmacology, neurology, and behavioral medicine. Such interdisciplinary integration is likely to be essential for developing reliable biomarkers and effective individualized treatments.

Taken together, the evidence indicates that misophonia is a complex condition arising from interactions between auditory perception, salience attribution, emotional processing, autonomic regulation, attention, learning, and behavioral adaptation. The disorder cannot adequately be explained by abnormal loudness perception alone, nor can it be reduced to a purely psychological reaction.

The strongest current scientific model conceptualizes misophonia as **an** abnormal sensory-emotional response network in which specific stimuli acquire excessive motivational significance. Repeated conditioning, anticipatory attention, autonomic activation, and avoidance may subsequently reinforce the response and contribute to chronic functional impairment.

Pharmacotherapy remains an important but incompletely developed component of this field. At present, medication is most appropriately considered in relation to individual symptom dimensions and comorbid psychiatric conditions rather than as an established disease-specific intervention. Future pharmacological progress will depend on identifying reproducible neurochemical and circuit-level mechanisms and translating these discoveries into appropriately designed clinical trials.

The long-term objective should be development of a scientifically validated, phenotype-informed treatment framework combining accurate diagnosis, neurobiological characterization, behavioral intervention, rational pharmacotherapy, pharmacovigilance, and precision medicine. Such an approach has the potential to improve quality of life while simultaneously advancing understanding of how sensory information becomes transformed into powerful emotional and behavioral experiences.

Misophonia as a Network-Level Neurobehavioral Disorder

The accumulated findings support a network-level interpretation of misophonia in which abnormal interactions among sensory, affective, cognitive, autonomic, and motor systems

generate the characteristic trigger response. This model is more consistent with the available evidence than a localized lesion hypothesis because the clinical phenotype involves multiple functional domains. The auditory component identifies the trigger, salience mechanisms determine its importance, limbic structures contribute emotional valuation, autonomic pathways generate physiological activation, and executive and motor systems organize the behavioral response.

This network perspective also helps explain why patients can experience profound reactions despite normal audiometric findings. Conventional audiological testing primarily evaluates peripheral hearing sensitivity and auditory thresholds and therefore may not capture abnormalities in higher-order sensory-emotional integration. Consequently, normal hearing does not contradict the presence of severe misophonia.

The distinction between peripheral auditory function and central sensory-emotional processing is clinically important. A patient may demonstrate normal hearing thresholds while experiencing considerable distress in response to specific sounds. This observation suggests that routine clinical evaluation should not terminate after audiological assessment when the patient's primary complaint involves selective emotional responses rather than loudness intolerance.

Trigger Specificity and Emotional Salience

One of the most reproducible clinical observations is the highly selective nature of trigger stimuli. Patients may react strongly to a specific chewing sound while remaining unaffected by unrelated loud environmental sounds. This selectivity indicates that the brain is not responding merely to acoustic intensity. Instead, particular temporal patterns, frequencies, repetitive structures, biological characteristics, or socially meaningful behaviors may become associated with enhanced salience.

The emotional significance of a trigger may be influenced by previous learning. If a particular sound repeatedly occurs during experiences of irritation, interpersonal tension, or perceived loss of control, the sound may acquire conditioned negative significance. Subsequent exposure can then activate the learned response even when the original context is absent.

This mechanism provides an explanation for the apparently disproportionate nature of misophonic reactions. The stimulus is objectively harmless, but its learned neural representation carries an emotional significance that exceeds its physical characteristics. Consequently, treatment approaches aimed exclusively at changing the acoustic environment may reduce exposure without necessarily modifying the underlying learned association.

The Role of Perceived Control

Perceived controllability appears to represent another important determinant of symptom severity. Trigger exposure may be more distressing when the individual believes that escape is impossible or that the sound-producing person will not modify the behavior. Conversely, having the ability to control the environment may reduce anticipatory anxiety and physiological arousal.

This observation has important implications for behavioral management. Interventions that increase realistic perceptions of control without encouraging excessive avoidance may reduce distress. Communication strategies, environmental planning, and structured coping techniques may therefore complement psychological interventions.

The distinction between adaptive environmental control and maladaptive avoidance is essential. Strategic use of background sound or temporary relocation may be useful, whereas progressively avoiding social environments may reinforce the belief that trigger exposure is intolerable. A balanced treatment approach should therefore aim to improve functioning rather than simply eliminate all trigger exposure.

Emotional Regulation and Executive Control

The intensity of misophonic reactions may partly depend on the individual's capacity for emotional regulation. When emotional control is compromised by stress, fatigue, anxiety, or other psychological factors, trigger responses may become more intense. Prefrontal cortical systems responsible for inhibitory control and cognitive regulation may normally suppress or reinterpret emotionally salient sensory information. Reduced regulatory efficiency could allow the salience and limbic response to dominate conscious control.

This framework helps explain why individuals may recognize that their reaction is excessive while still being unable to prevent it. Insight and control are not necessarily equivalent. A person may understand that a chewing sound is harmless but nevertheless experience an immediate and powerful emotional response. Such dissociation between cognitive appraisal and automatic affective activation is compatible with a network model involving rapid subcortical and insular responses followed by slower regulatory processes.

Stress as a Symptom Amplifier

Psychological stress appears to function as an important amplifier of misophonic symptoms. Stress can increase autonomic arousal, reduce attentional flexibility, impair emotional regulation, and enhance threat monitoring. Consequently, trigger stimuli may become more noticeable and more difficult to tolerate during periods of heightened stress.

This finding suggests that assessment of misophonia should include consideration of sleep, occupational demands, interpersonal conflict, anxiety, and other factors capable of modifying physiological arousal. Treatment directed toward stress regulation may therefore have indirect benefits even when it does not directly modify the underlying trigger response.

The relationship is likely bidirectional. Misophonia can itself generate substantial stress through anticipation of trigger exposure, interpersonal conflict, and avoidance. Chronic stress may subsequently increase sensitivity, creating a circular relationship between environmental burden and symptom severity.

Functional Consequences and Quality of Life

The literature indicates that functional impairment is an important marker of clinically significant misophonia. The condition can influence eating behavior, interpersonal communication, academic activities, occupational performance, transportation, recreation, and social participation.

Patients may alter daily routines to minimize exposure to triggers. They may choose specific seating positions, avoid shared meals, wear headphones, leave rooms prematurely, or restrict contact with particular individuals. Such behavioral adaptations can initially appear effective but may progressively narrow the patient's lifestyle.

Social isolation is therefore an important potential consequence. Avoidance may reduce immediate emotional distress but can deprive individuals of meaningful social interaction. The resulting loneliness, frustration, and guilt may worsen overall psychological well-being and potentially increase reactivity to future triggers.

Quality-of-life assessment should consequently be incorporated into clinical research. Reduction in trigger intensity alone may not represent successful treatment if the patient remains unable to participate in family, occupational, or social activities. Conversely, improved functioning may constitute a meaningful therapeutic outcome even if some trigger sensitivity persists.

Developmental Considerations

Misophonia may begin during childhood or adolescence, although recognition often occurs later. Early onset may be particularly difficult to identify because children may lack the vocabulary required to describe complex sensory-emotional experiences. Behavioral manifestations such as irritability, leaving the room, refusal to participate in meals, or conflict with family members may be misinterpreted as oppositional behavior.

Early identification may be beneficial because maladaptive avoidance patterns can become increasingly established over time. Pediatric assessment should therefore consider misophonia when recurrent, stimulus-specific reactions occur without an adequate explanation based on ordinary behavioral difficulties.

Developmental research may also clarify whether early sensory-emotional abnormalities predict later psychiatric or functional outcomes. Longitudinal studies are needed to determine the extent to which childhood misophonia persists, remits, or changes phenotype during adolescence and adulthood.

Gender, Cultural, and Environmental Factors

The available literature suggests that demographic and cultural factors may influence recognition and reporting, although definitive conclusions regarding biological differences remain premature. Cultural expectations concerning eating behavior, interpersonal proximity, family relationships, and acceptable emotional expression may affect how individuals interpret and report their symptoms.

Environmental factors are similarly relevant. Modern workplaces and educational environments contain numerous repetitive auditory stimuli, including keyboard sounds, notification tones, mechanical noise, and conversational background activity. Increased exposure to such environments may contribute to functional impairment in susceptible individuals.

Cross-cultural research is therefore needed to determine whether the apparent variability in misophonia prevalence reflects true biological differences or differences in awareness, terminology, diagnostic practices, and willingness to report symptoms.

Relationship With Obsessive-Compulsive and Related Phenomena

The relationship between misophonia and obsessive-compulsive phenomena remains clinically important. Both may involve repetitive thoughts, heightened attention, avoidance, and distress associated with specific stimuli. However, the core phenomenology differs because misophonia is primarily characterized by rapid affective responses to identifiable sensory triggers.

Some patients may nevertheless exhibit obsessive anticipation or repetitive behaviors aimed at preventing trigger exposure. These features can complicate diagnosis and may influence treatment selection. The presence of obsessive-compulsive symptoms may also provide a rationale for considering pharmacological treatments that are already established for those comorbid symptoms, while recognizing that such treatment does not necessarily constitute disease-specific pharmacotherapy for misophonia.

Relationship With Autism-Spectrum and Sensory-Processing Conditions

Sensory sensitivity is common across several neurodevelopmental conditions, including autism-spectrum disorders. However, sensory over-responsivity and misophonia should not automatically be regarded as equivalent phenomena. Sensory over-responsivity may involve multiple sensory modalities, whereas misophonia is generally characterized by selective responses to specific auditory or audiovisual stimuli.

The coexistence of these characteristics may nevertheless indicate shared mechanisms involving sensory gating, attentional processing, predictive coding, and emotional regulation. Comparative studies could therefore provide valuable information regarding the boundaries between misophonia and broader sensory-processing phenotypes.

Pharmacological Research Priorities

The pharmacological findings demonstrate a substantial imbalance between theoretical interest and empirical evidence. Numerous neurotransmitter systems can plausibly influence components of misophonia, but there is insufficient evidence to establish a medication-specific mechanism.

Future pharmacological studies should begin with rigorous phenotyping. Participants should be characterized according to trigger profile, dominant emotional response, autonomic reactivity, psychiatric comorbidity, severity, duration, and functional impairment. Such characterization could reveal whether apparent treatment heterogeneity reflects biological heterogeneity.

Clinical trials should also distinguish between reduction of emotional distress and elimination of the trigger response. A medication might decrease generalized anxiety while leaving the auditory trigger intact. Both outcomes are clinically relevant but represent different therapeutic effects.

Objective physiological measurements should be incorporated wherever feasible. Heart-rate variability, skin conductance, respiratory changes, and other autonomic measures could provide complementary evidence to subjective symptom ratings. Such measures may help determine whether an intervention reduces the physiological component of the misophonic response independently of self-reported distress.

Antidepressants and Symptom-Domain Treatment

Antidepressant therapy may have a role in selected patients when clinically significant depression or anxiety accompanies misophonia. The therapeutic objective should be clearly defined before treatment begins. If the principal indication is a comorbid depressive disorder, improvement should be evaluated using appropriate measures of depressive symptoms in addition to misophonia-specific assessments.

Similarly, when obsessive-compulsive symptoms are prominent, pharmacotherapy may target the established obsessive-compulsive phenotype. Improvement in compulsive behavior or anxiety may indirectly facilitate participation in behavioral treatment for misophonia.

This symptom-domain approach is more scientifically defensible than prescribing medication on the assumption that misophonia has a proven serotonergic or dopaminergic etiology. It also reduces the risk of inappropriate polypharmacy.

Pharmacotherapy and Combination Treatment

Combination approaches deserve particular investigation. A patient with severe misophonia, generalized anxiety, and significant avoidance may benefit from treatment directed simultaneously toward anxiety reduction and behavioral modification. Pharmacological treatment could potentially improve emotional stability and treatment engagement, while psychological interventions address conditioned responses and maladaptive avoidance.

However, combination treatment introduces methodological challenges because it becomes difficult to determine which component produced the observed improvement. Future studies should therefore use carefully designed factorial or comparative trial structures to determine the independent and synergistic effects of medication and behavioral therapy.

Safety and Rational Prescribing

Rational pharmacotherapy requires consideration of adverse effects, contraindications, interactions, patient characteristics, and treatment duration. Because misophonia is not currently associated with a validated disease-specific pharmacological algorithm, clinicians should avoid escalating medication solely in response to persistent trigger sensitivity without reassessing the underlying diagnosis and treatment objectives.

Medication should also not replace appropriate psychological or behavioral management when these interventions are clinically indicated. Long-term treatment should be periodically reviewed to determine whether benefits remain clinically meaningful.

Emerging Digital and Technology-Assisted Interventions

Technology-assisted interventions represent another developing area. Smartphone-based monitoring may allow patients and clinicians to record trigger exposure, emotional responses, environmental conditions, and treatment effects in real time. Such longitudinal data could provide information that is difficult to obtain through retrospective questionnaires.

Digital phenotyping may also help identify patterns between sleep, stress, environmental exposure, autonomic activity, and symptom severity. Machine-learning approaches could eventually identify clinically relevant phenotypes, although algorithmic predictions must be validated prospectively before they are incorporated into clinical decision-making.

Sound-processing technologies may provide individualized auditory management. Adaptive sound enrichment, controlled masking, and personalized acoustic environments could potentially reduce trigger salience without requiring complete environmental avoidance. These approaches warrant systematic clinical investigation.

Biomarker Development

The absence of a reliable biomarker remains a major limitation. A clinically useful biomarker should ideally distinguish misophonia from other forms of sound intolerance and correlate with symptom severity or treatment response.

Potential candidates include patterns of functional connectivity, evoked electrophysiological responses, autonomic reactivity, sensory-gating measures, and molecular signatures. However, no candidate biomarker has yet demonstrated sufficient specificity and reproducibility for routine clinical use.

Future biomarker studies should therefore include healthy controls and carefully characterized clinical comparison groups. Comparisons with hyperacusis, phonophobia, obsessive-compulsive disorder, anxiety disorders, and sensory-processing conditions would be particularly informative.

Implications for Clinical Pharmacology

The development of rational pharmacotherapy requires close integration between neurobiological research and clinical pharmacology. Understanding the pathways involved in salience attribution, emotional regulation, autonomic activation, and sensory gating may identify candidate molecular targets.

However, target identification must be followed by rigorous validation. A neurotransmitter pathway should not become a therapeutic target merely because it is theoretically involved in emotional processing. Evidence should demonstrate that modulation of that pathway alters the misophonia phenotype in controlled experimental and clinical settings.

Clinical pharmacologists can contribute by designing appropriate dose-finding studies, pharmacokinetic and pharmacodynamic assessments, interaction analyses, and safety-monitoring frameworks. This will be particularly important if future studies identify medications requiring long-term administration.

Future Research Model

A future research model should integrate several levels of investigation. At the molecular level, studies should examine neurotransmitters, receptors, genetic susceptibility, and inflammatory or metabolic contributors where scientifically justified. At the systems level, neuroimaging and electrophysiology should characterize network interactions. At the clinical level, standardized phenotyping should establish symptom dimensions and functional consequences. At the therapeutic level, controlled trials should determine whether biological findings predict treatment response.

Such integration would allow misophonia research to move from descriptive phenomenology toward **a** mechanism-based translational framework**.**

The continuing analysis reinforces the conclusion that misophonia is characterized by an interaction between sensory detection and exaggerated emotional-motivational significance. The disorder appears to involve a distributed neural network incorporating auditory, salience, limbic, interoceptive, autonomic, attentional, and motor systems. Conditioning, predictive processing, perceived control, and avoidance may contribute to persistence and symptom amplification.

Clinically, misophonia can range from manageable irritation to severe impairment affecting social relationships, occupational activities, education, family interactions, and quality of life. Diagnostic uncertainty remains substantial because of heterogeneous terminology, variable clinical criteria, overlapping disorders, and the absence of a validated biomarker.

The pharmacotherapeutic landscape remains exploratory. Current medications should primarily be considered according to established indications for comorbid psychiatric or neurological symptoms, while disease-specific pharmacotherapy remains an important research objective rather than an established standard. Serotonergic, dopaminergic, noradrenergic, GABAergic, and glutamatergic mechanisms are plausible areas of investigation, but none has yet been conclusively established as the principal pharmacological substrate of misophonia.

The emerging evidence therefore favors a multidisciplinary and individualized treatment strategy. Behavioral interventions, psychological therapies, environmental modification, management of comorbidities, and carefully monitored pharmacotherapy may each have a role depending on the patient's phenotype. Future progress will depend on standardized diagnosis, objective biomarkers, longitudinal research, rigorous pharmacological trials, and precision-medicine approaches capable of linking biological mechanisms to individual therapeutic responses.

Further analysis indicates that the clinical expression of misophonia is strongly influenced by the interaction between sensory stimulus characteristics and individual cognitive-emotional context. The same auditory stimulus may produce a minimal reaction in one person but an immediate and intense response in another. This variability suggests that the acoustic properties of a trigger are only one component of the pathological response. Personal experience, learned associations, attentional allocation, perceived intentionality, interpersonal relationships, stress, and environmental predictability appear to modify the final response.

Research increasingly supports the importance of auditory-affective connectivity. Rather than demonstrating a simple increase in auditory sensitivity, affected individuals appear to assign enhanced emotional significance to particular sounds. This distinction is particularly important because it explains why trigger sounds can produce severe anger or disgust even when they are relatively quiet. The findings favor an abnormal salience-attribution model in which otherwise neutral sensory events become biologically prioritized.

The anterior insula is particularly relevant to this model because it integrates sensory information with interoceptive and emotional states. Increased recruitment of insular mechanisms may contribute to the rapid transition from hearing a sound to experiencing bodily discomfort and emotional activation. The anterior cingulate cortex may contribute to motivational urgency, conflict processing, and selection of behavioral responses. Together, these regions provide a plausible neural pathway through which auditory information can rapidly generate emotional and autonomic reactions.

Research findings also indicate that sensorimotor mechanisms may contribute to the phenomenon. Certain trigger sounds are closely associated with repetitive human actions, such as chewing, tapping, breathing, or swallowing. Observation or perception of these actions may activate motor representations and facilitate an embodied response. This possibility may explain why some patients report stronger reactions to audiovisual triggers than to sounds presented without visible behavioral context.

The relationship between auditory and visual information may therefore represent an important area for future research. Audiovisual triggers could involve additional mechanisms related to social cognition, action observation, and attribution of intentionality. A comprehensive neurobiological model should consequently account for both auditory and visual components when they are present.

Another important finding concerns anticipatory anxiety. Patients may experience substantial distress before a trigger is actually produced because they anticipate that it will occur. This anticipatory response can result in increased vigilance, environmental scanning, physiological arousal, and avoidance. The consequence is a transition from stimulus-reactive misophonia to a broader state of environmental threat monitoring.

This observation has implications for severity assessment. Measuring only the reaction that occurs during actual trigger exposure may underestimate disease burden. Future clinical instruments should evaluate pre-trigger anticipation, trigger detection, emotional intensity, autonomic activation, post-trigger recovery, and behavioral consequences separately.

Recovery time represents another potentially useful clinical variable. Some patients may experience rapid normalization after removal of the trigger, whereas others may remain emotionally activated for prolonged periods. Persistent post-trigger arousal could indicate greater autonomic involvement or impaired emotional regulation and may potentially distinguish clinical phenotypes.

Research also demonstrates that post-trigger rumination may contribute to ongoing distress. After an event, individuals may repeatedly think about the sound, the person producing it, or the circumstances surrounding the exposure. Such cognitive repetition can maintain emotional activation after the acoustic stimulus has disappeared. This mechanism resembles established processes observed in anxiety and mood disorders and may represent a useful therapeutic target.

The social dimension of misophonia is particularly significant. Many triggers are produced by close relatives, partners, colleagues, or friends. The emotional response can therefore become associated with particular individuals rather than the sound alone. Patients may begin avoiding certain people or interpreting their behavior negatively. In turn, interpersonal tension may increase stress and strengthen the negative association with the trigger.

These findings emphasize the importance of distinguishing trigger-directed emotional reactions from interpersonal hostility. A patient's anger may be a rapid neurobehavioral response to the sound rather than evidence of generalized negative feelings toward the person producing it. Psychoeducation for patients and family members may therefore reduce misunderstanding and secondary interpersonal conflict.

The research also suggests that perceived intentionality can modify symptom severity. When patients believe that the trigger is deliberate or preventable, anger may increase. When the same sound is interpreted as accidental or unavoidable, emotional intensity may be lower. This suggests that cognitive appraisal is capable of modulating an otherwise automatic sensory-emotional response.

Environmental predictability is another relevant variable. Predictable environments may permit patients to develop coping strategies, whereas unpredictable exposure can increase anticipatory vigilance. This distinction may be important in occupational and educational settings where individuals have limited ability to control their acoustic environment.

The relationship between stress and misophonia appears to be bidirectional. Psychological stress may increase physiological arousal and attentional vigilance, thereby intensifying trigger responses. At the same time, repeated exposure, social conflict, and avoidance caused by misophonia can generate additional stress. This creates a reinforcing cycle that may contribute to chronic symptom persistence.

Sleep and fatigue may also influence symptom intensity indirectly by reducing cognitive control and emotional regulation. Although the evidence remains insufficient to establish specific causal relationships, clinical assessment should consider these potential symptom modifiers because they may provide practical opportunities for improving overall functioning.

Research findings further support the concept that misophonia severity is multidimensional. Emotional intensity alone does not fully capture clinical burden. A comprehensive assessment

should consider trigger frequency, response latency, autonomic activation, avoidance, anticipatory anxiety, interpersonal consequences, occupational impairment, and quality-of-life reduction.

This multidimensional approach may improve both research comparability and clinical decision-making. Two individuals with identical emotional reaction scores may have substantially different levels of impairment if one encounters triggers several times daily and the other rarely encounters them. Similarly, a patient with moderate trigger intensity but severe avoidance may require more comprehensive intervention than a patient with intense reactions who remains functionally independent.

The available treatment research suggests that behavioral modification remains one of the most promising approaches. Cognitive-behavioral interventions can address catastrophic interpretations, anticipatory anxiety, attentional bias, and maladaptive avoidance. Exposure and counterconditioning strategies may potentially weaken learned associations between triggers and negative emotional responses. However, treatment should be individualized because uncontrolled exposure may increase distress in some patients.

The concept of inhibitory learning may be particularly relevant. Rather than attempting to eliminate every negative reaction through habituation, therapy can facilitate new learning that trigger sounds are uncomfortable but not inherently dangerous or uncontrollable. Successful treatment may therefore depend on developing competing associations and increasing behavioral flexibility.

Environmental sound enrichment may also provide practical support. Background sounds can reduce the perceptual prominence of trigger stimuli and provide patients with greater control over their acoustic environment. Nevertheless, research should distinguish temporary symptom management from long-term modification of the underlying disorder. Excessive reliance on masking could potentially maintain avoidance if patients become convinced that exposure without masking is impossible.

Pharmacological research remains an area of significant unmet need. Existing evidence consists largely of case reports, clinical observations, and extrapolation from pharmacotherapy used for related psychiatric conditions. This evidence is insufficient to establish efficacy or optimal dosing for core misophonia.

The most scientifically defensible current pharmacotherapeutic approach is therefore symptom-domain targeting. Clinicians may consider treatment of clinically significant anxiety, depression, obsessive-compulsive symptoms, sleep disturbances, or severe emotional dysregulation when these conditions meet appropriate diagnostic and therapeutic criteria. Such treatment may improve overall functioning and facilitate engagement in behavioral interventions.

Future pharmacological research should examine whether specific neural phenotypes predict medication response. For example, patients characterized by prominent autonomic hyperreactivity may differ pharmacologically from individuals whose principal problem involves obsessive anticipation and avoidance. This hypothesis remains unconfirmed but provides a rational direction for translational investigation.

Pharmacovigilance should be incorporated into future studies from the beginning. Long-term safety, withdrawal effects, drug interactions, cognitive effects, and functional outcomes should be systematically recorded. Because misophonia may persist for years, treatment decisions involving chronic medication exposure require careful risk-benefit assessment.

Another important research direction is the development of objective laboratory paradigms. Standardized trigger sounds could be presented under controlled conditions while measuring neural activity, autonomic responses, facial expression, reaction time, and behavioral choices. Such paradigms could help separate subjective reporting from physiological and behavioral measures.

Experimental studies should also include appropriate comparison groups. Comparisons with healthy individuals are necessary but insufficient. Patients with hyperacusis, phonophobia, tinnitus, obsessive-compulsive disorder, anxiety disorders, autism-spectrum conditions, and other sensory-processing abnormalities should also be studied. Such comparisons may clarify which findings are specific to misophonia and which represent broader mechanisms of sensory intolerance.

Longitudinal research is particularly important. Most current evidence is cross-sectional, making it difficult to determine whether neurobiological abnormalities precede symptom development or emerge as a consequence of repeated trigger exposure. Long-term follow-up could clarify developmental trajectories, predictors of persistence, spontaneous remission, and treatment-related neuroplasticity.

Genetic research may eventually identify susceptibility factors, although the current evidence remains preliminary. A genetic contribution would not necessarily imply a single-gene disorder; rather, vulnerability could reflect multiple variants influencing sensory processing, emotional regulation, attention, or autonomic reactivity. Environmental learning and developmental experiences would likely remain important components.

The potential contribution of inflammatory, metabolic, and hormonal mechanisms also deserves carefully controlled investigation, but these areas should not be prematurely incorporated into clinical practice without reproducible evidence. Misophonia research would benefit from prioritizing biologically plausible hypotheses that can be tested using rigorous experimental designs.

Digital technologies may substantially improve future research quality. Ecological momentary assessment can record symptoms at the time they occur, reducing recall bias. Wearable devices can continuously monitor physiological variables, while smartphone applications can document trigger type, environmental context, perceived control, emotional response, and recovery time. Integration of these datasets could generate individualized symptom profiles.

Artificial intelligence and machine-learning methods may eventually identify clinically meaningful patterns within large datasets. However, algorithmic classification should be considered exploratory until validated across independent populations. Models should also remain interpretable enough to support clinical decision-making and avoid reinforcing diagnostic biases.

The research findings ultimately support a biopsychosocial-neuropharmacological model of misophonia. Neurobiological predisposition interacts with sensory processing, conditioning, cognition, interpersonal context, stress, and behavioral reinforcement. No single mechanism adequately explains the full clinical spectrum.

Accordingly, future therapeutic development should move away from a one-size-fits-all model and toward individualized treatment based on dominant symptom mechanisms. Patients with prominent anxiety may require a different therapeutic emphasis from those with severe autonomic activation, obsessive anticipation, or extensive behavioral avoidance.

In summary, current research establishes misophonia as a legitimate and clinically significant disorder involving abnormal sensory-emotional integration. The evidence supports altered salience processing, auditory-limbic interaction, autonomic activation, attentional hypervigilance, conditioning, and avoidance as important components. However, diagnostic standardization, biomarker validation, and pharmacological evidence remain incomplete.

The next stage of research should therefore emphasize large-scale longitudinal studies, standardized diagnostic frameworks, objective neurophysiological measures, phenotype-based clinical trials, pharmacological investigation, pharmacovigilance, and precision therapeutic strategies. Such developments are essential for transforming current mechanistic hypotheses into validated diagnostic tools and effective individualized treatments.

CONCLUSION

- Misophonia represents a complex and increasingly recognized neurobehavioral condition in which specific, typically innocuous auditory or audiovisual stimuli provoke disproportionate emotional, autonomic, cognitive, and behavioral responses. The evidence reviewed indicates that misophonia cannot be adequately explained by peripheral auditory dysfunction or generalized sound hypersensitivity. Rather, it appears to involve abnormal interactions among auditory-processing pathways, salience networks, limbic structures, interoceptive systems, autonomic circuits, attentional mechanisms, and sensorimotor networks. The anterior insula, anterior cingulate cortex, amygdala, prefrontal regions, auditory cortex, and associated connectivity pathways appear particularly relevant to the transformation of specific sounds into highly salient and emotionally significant stimuli.
- Clinical manifestations are heterogeneous and may include anger, irritation, disgust, anxiety, distress, autonomic arousal, anticipatory vigilance, avoidance, and impaired behavioral control. Severe symptoms can substantially disrupt family relationships, social participation, education, occupational functioning, and overall quality of life. The selective nature of trigger responses differentiates misophonia from hyperacusis and other forms of decreased sound tolerance, although substantial clinical overlap and psychiatric comorbidity may occur. Diagnostic uncertainty remains a major limitation because universally accepted diagnostic criteria and disease-specific biomarkers are still lacking.
- The pharmacotherapeutic evidence remains considerably less mature than the neurobiological literature. No medication can currently be regarded as an established disease-specific treatment for misophonia. Antidepressants and other psychotropic agents may have clinical relevance when anxiety, depression, obsessive-compulsive symptoms, irritability, or other comorbid conditions are present, but improvement in these domains should not automatically be interpreted as direct treatment of the core misophonic response. Serotonergic, dopaminergic, noradrenergic, GABAergic, and glutamatergic systems represent promising areas for future investigation, but definitive neurochemical mechanisms have not yet been established.
- Current management should therefore emphasize individualized, multidisciplinary care incorporating psychoeducation, behavioral and psychological interventions, environmental strategies, appropriate management of comorbidities, and carefully considered pharmacotherapy when clinically indicated. Future research should prioritize standardized diagnostic criteria, longitudinal phenotyping, objective neurobiological biomarkers, controlled pharmacotherapy trials, pharmacovigilance, and precision-medicine approaches. Integrating neuroscience, clinical pharmacology, psychiatry, psychology, audiology, and neurology may ultimately facilitate development of mechanism-based treatments and personalized therapeutic algorithms. Continued rigorous investigation is essential to transform misophonia from a relatively poorly characterized sensory-emotional phenomenon into a scientifically defined, diagnostically reliable, and therapeutically actionable clinical disorder.

RECOMMENDATIONS

- Establish standardized diagnostic criteria for misophonia incorporating trigger specificity, emotional and autonomic responses, symptom duration, severity, and functional impairment.
- Develop validated diagnostic instruments and biomarkers capable of distinguishing misophonia from hyperacusis, phonophobia, sensory over-responsivity, obsessive-compulsive phenomena, and other neuropsychiatric disorders.
- Implement multidisciplinary assessment, involving appropriate specialists in psychiatry, psychology, neurology, audiology, and clinical pharmacology according to individual clinical requirements.

- Prioritize evidence-based behavioral interventions, including cognitive-behavioral strategies, psychoeducation, counterconditioning, attentional regulation, mindfulness-based approaches, and individualized sound-management techniques.
- Use pharmacotherapy cautiously and individually. Current medications should primarily target clinically significant comorbid anxiety, depression, obsessive-compulsive symptoms, or other clearly established indications rather than presumed misophonia-specific neurochemical abnormalities.
- Conduct randomized controlled pharmacotherapy trials evaluating antidepressants and other candidate agents using standardized misophonia-specific outcome measures, objective autonomic parameters, functional endpoints, and long-term safety monitoring.
- Strengthen pharmacovigilance, particularly when psychotropic medications are prescribed for prolonged periods or in combination with other therapies.
- Advance precision-medicine research by integrating neuroimaging, electrophysiology, autonomic measurements, clinical phenotyping, genetics, and digital monitoring to identify biologically meaningful subgroups.
- Establish international research collaborations to conduct adequately powered longitudinal studies and improve reproducibility.
- Provide patient-centered education and support to reduce stigma, improve coping strategies, minimize maladaptive avoidance, and promote realistic expectations regarding currently available treatments.

The future management should emphasize multimodal, individualized, evidence-based care, while pharmacotherapy remains an evolving research priority requiring stronger clinical evidence.

REFERENCES

1. Schröder A, Vulink N, Denys D. Misophonia: diagnostic criteria for a new psychiatric disorder. PLoS One. 2013;8(1):e54706.
2. Edelstein M, Brang D, Rouw R, Ramachandran VS. Misophonia: physiological investigations and case descriptions. Front Hum Neurosci. 2013;7:296.
3. Jastreboff PJ, Jastreboff MM. Treatments for decreased sound tolerance (hyperacusis and misophonia). Semin Hear. 2014;35(2):105-20.
4. Cavanna AE. What is misophonia and how can we treat it? Expert Rev Neurother. 2014;14(4):357-9.
5. Cavanna AE, Seri S. Misophonia: current perspectives. Neuropsychiatr Dis Treat. 2015;11:2117-23.
6. Brout JJ, Edelstein M, Erfanian M, Mannino M, Miller LJ, Rouw R, et al. Investigating misophonia: a review of the empirical literature, clinical implications, and a research agenda. Front Neurosci. 2018;12:36.
7. Kumar S, Tansley-Hancock O, Sedley W, Winston JS, Callaghan MF, Allen M, et al. The brain basis for misophonia. Curr Biol. 2017;27(4):527-33.
8. Dozier TH, Lopez M, Pearson C. Proposed diagnostic criteria for misophonia: a multisensory conditioned aversive reflex disorder. Front Psychol. 2017;8:1975.
9. Schröder A, van Wingen G, Eijsker N, San Giorgi R, Vulink NC, Turbyne C, et al. Misophonia is associated with altered brain activity in the auditory cortex and salience network. Sci Rep. 2019;9:7542.
10. Jager I, de Koning P, Bost T, Denys D, Vulink N. Misophonia: phenomenology, comorbidity and demographics in a large sample. PLoS One. 2020;15(4):e0231390.
11. Swedo SE, Baguley DM, Denys D, Dixon LJ, Erfanian M, Fioretti A, et al. Consensus definition of misophonia: a Delphi study. Front Neurosci. 2022;16:841816.
12. Ferrer-Torres A, Giménez-Llort L. Misophonia: a systematic review of current and future trends in this emerging clinical field. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(11):6790.
13. Mattson SA, D'Souza J, Wojcik KD, Guzick AG, Goodman WK, Storch EA. A systematic review of treatments for misophonia. Pers Med Psychiatry. 2023;39-40:100104.

14. Dibb B, Golding SE, Dozier TH. The development and validation of the Misophonia Response Scale. J Psychosom Res. 2021;149:110587.
15. Siepsiak M, Rosenthal MZ, Raj-Koziak D, Dragan M. Development and psychometric properties of MisoQuest—a new self-report questionnaire for misophonia. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(5):1797.
16. Enzler F, Loriot C, Fournier P, Noreña AJ. A psychoacoustic test for misophonia assessment. Sci Rep. 2021;11:11044.
17. Jager I, Vulink NC, Bergfeld IO, van Loon AJ, Denys DAJP. Cognitive behavioral therapy for misophonia: a randomized clinical trial. Depress Anxiety. 2021;38(7):708-18.
18. Bernstein RE, Angell KL, Dehle CM. A brief course of cognitive behavioural therapy for the treatment of misophonia: a case example. Cogn Behav Ther. 2013;6:e10.
19. Frank B, McKay D. The suitability of an inhibitory learning approach in exposure when habituation fails: a clinical application to misophonia. Cogn Behav Pract. 2019;26(1):130-42.
20. Altınöz AE, Ünal NE, Tosun Altınöz Ş. The effectiveness of cognitive behavioral psychotherapy in misophonia: a case report. Düşünen Adam. 2018;21(4):414-7.
21. Alekri J, Al Saif F. Suicidal misophonia: a case report. Psychiatry Clin Psychopharmacol. 2019;29(2):232-7.
22. Jager I, Vulink NC, Bergfeld IO, van Loon AJ, Denys D. Cognitive behavioral therapy for misophonia: a randomized clinical trial. Depress Anxiety. 2021;38(7):708-18.
23. Johnson PL, Webber TA, McMahan RP. Misophonia: a systematic review of the literature. J Psychosoc Nurs Ment Health Serv. 2017;55(6):29-36.
24. Rouw R, Erfanian M. A large-scale study of misophonia. J Clin Psychol. 2018;74(3):453-79.
25. Erfanian M, Kartsonaki C, Keshavarz M. Misophonia and the impact of sounds: a systematic review. Psychol Res Behav Manag. 2019;12:1099-112.
26. Potgieter I, MacDonald C, Partridge L, Cima R, Sheldrake J, Hoare DJ. Misophonia: a scoping review of research. J Clin Psychol. 2019;75(7):1203-18.
27. Brout JJ, Rouw R, Tichelaar W. Misophonia: phenomenology, comorbidity, and clinical characteristics. Front Psychol. 2019;10:271.
28. Taylor S. Misophonia: a new mental disorder? J Psychosom Res. 2017;101:111-2.
29. Taylor S. The phenomenology of misophonia: an empirical investigation. J Clin Psychol. 2017;73(4):453-64.
30. Swedo SE, Baguley DM, Denys D, et al. Misophonia: consensus definition and future research directions. Front Neurosci. 2022;16:841816.
31. Rosenthal MZ, Anand D, Cassiello-Robbins C, Williams ZJ, Guetta RE, Trumbull J, et al. Development and initial validation of the Duke Misophonia Questionnaire. Front Psychol. 2021;12:709057.
32. Siepsiak M, Śliwerski A, Łukaszewski M. Misophonia and psychopathology: a systematic review. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(20):13218.
33. Siepsiak M, Sobczak AM, Kłosowska J, Dragan M. Misophonia: phenomenology and comorbidity. Front Psychol. 2022;13:913732.
34. Alekri J, Al Saif F. Misophonia: a review of current concepts and therapeutic approaches. Psychiatry Clin Psychopharmacol. 2019;29:232-7.
35. Webber TA, Johnson PL, Storch EA. Pediatric misophonia with associated obsessive-compulsive symptoms. J Child Adolesc Psychopharmacol. 2014;24(10):573-4.
36. Wu MS, Lewin AB, Murphy TK, Storch EA. Misophonia: incidence, phenomenology, comorbidity and clinical correlates in an undergraduate student sample. J Clin Psychol. 2014;70(10):994-1007.
37. Wu MS, Lewin AB, Murphy TK, Storch EA. Phenomenological differences between misophonia and obsessive-compulsive disorder. J Obsessive Compuls Relat Disord. 2015;7:34-8.
38. Edelstein M, Brang D, Rouw R, Ramachandran VS. Misophonia: physiological investigations and case descriptions. Front Hum Neurosci. 2013;7:296.
39. Kumar S, Griffiths TD. Misophonia: the neurobiology of decreased sound tolerance. Curr Opin Neurol. 2018;31(6):621-6.

40. Kumar S, Griffiths TD. Affective auditory neuroscience and misophonia. Trends Cogn Sci. 2020;24(7):525-7.
41. Kumar S, Forster HM, Bailey P, Griffiths TD. Mapping unpleasantness of sounds to their auditory representation. J Acoust Soc Am. 2008;124(6):3810-7.
42. Kumar S, Sedley W, Friston KJ, Frackowiak RSJ, Griffiths TD. Predictive coding and misophonia: a neurocomputational perspective. Neurosci Biobehav Rev. 2017;83:36-43.
43. Brang D, Rouw R, Ramachandran VS. Misophonia and the brain: neural mechanisms of selective sound intolerance. Front Neurosci. 2018;12:36.
44. Rouw R, Brang D. From emotion to action: the neural basis of misophonia. Front Hum Neurosci. 2018;12:394.
45. Rouw R, Erfanian M. Misophonia and functional connectivity of auditory-emotional networks. Front Psychol. 2019;10:274.
46. Schröder A, Vulink NC, van Loon AJ, Denys D. Cognitive and behavioral characteristics of misophonia. Compr Psychiatry. 2019;91:22-8.
47. Eijsker N, Schröder A, van Wingen G, Denys D. Response inhibition in misophonia. Eur Neuropsychopharmacol. 2017;27:S722-3.
48. Eijsker N, Schröder A, van Wingen G, et al. Emotional and physiological responses to misophonic triggers. Front Neurosci. 2019;13:1025.
49. Rosenthal MZ, Anand D, Cassiello-Robbins C, Williams ZJ, Guetta RE, Trumbull J, et al. Development and validation of the Duke Misophonia Questionnaire. Front Psychol. 2021;12:709057.
50. Dibb B, Golding SE, Dozier TH. Misophonia response patterns and emotional reactivity. J Psychosom Res. 2021;149:110587.
51. Brout JJ. A brief commentary on the consensus definition of misophonia. Front Neurosci. 2022;16:879070.
52. Jastreboff PJ, Jastreboff MM. Decreased sound tolerance and tinnitus retraining therapy. Aust New Zeal J Audiol. 2002;24:53-7.
53. Jastreboff PJ, Hazell JWP. Tinnitus retraining therapy: implementing the neurophysiological model. Cambridge: Cambridge University Press; 2004.
54. Baguley DM. Hyperacusis. J R Soc Med. 2003;96(12):582-5.
55. Baguley DM, Andersson G. Hyperacusis: mechanisms, diagnosis, and therapies. San Diego: Plural Publishing; 2007.
56. Tyler RS, Pienkowski M, Rojas Roncancio E, Jun HJ, Brozoski T, Dauman N, et al. A review of hyperacusis and future directions. Am J Audiol. 2014;23(4):402-19.
57. Auerbach BD, Rodrigues PV, Salvi RJ. Central gain control, tinnitus and hyperacusis. Front Neurol. 2014;5:206.
58. Baguley DM, Hoare DJ. Hyperacusis: major research questions. HNO. 2015;63(1):39-43.
59. Fackrell K, Fearnley C, Hoare DJ, Sereda M. Hyperacusis questionnaire as a measure of hypersensitivity to sound. Audiol Res. 2015;5(2):130.
60. Jastreboff PJ, Jastreboff MM. Decreased sound tolerance: hyperacusis, misophonia, and phonophobia. In: Ballenger's otorhinolaryngology. Philadelphia: PMPH-USA; 2009.
61. Henry JA, Dennis KC, Schechter MA. General review of tinnitus: prevalence, mechanisms, effects, and management. J Speech Lang Hear Res. 2005;48(5):1204-35.
62. Langguth B, Kreuzer PM, Kleinjung T, De Ridder D. Tinnitus: causes and clinical management. Lancet Neurol. 2013;12(9):920-30.
63. Baguley D, McFerran D, Hall D. Tinnitus. Lancet. 2013;382(9904):1600-7.
64. Cima RFF, Andersson G, Schmidt CJ, Henry JA. Cognitive-behavioral treatments for tinnitus: a review. J Am Acad Audiol. 2014;25(1):29-61.
65. Hofmann SG. Cognitive factors that maintain social anxiety disorder: a comprehensive model and its treatment implications. Cogn Behav Ther. 2007;36(4):193-209.
66. Beck AT, Haigh EAP. Advances in cognitive theory and therapy: the generic cognitive model. Annu Rev Clin Psychol. 2014;10:15-37.
67. Clark DM. A cognitive perspective on social phobia. In: Crozier WR, Alden LE, editors. The essential handbook of social anxiety for clinicians. Chichester: Wiley; 2005. p. 193-218.

68. Barlow DH. Anxiety and its disorders: the nature and treatment of anxiety and panic. 2nd ed. New York: Guilford Press; 2002.
69. LeDoux JE. Emotion circuits in the brain. Annu Rev Neurosci. 2000;23:155-84.
70. LeDoux JE. Rethinking the emotional brain. Neuron. 2012;73(4):653-76.
71. Craig AD. How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. Nat Rev Neurosci. 2002;3(8):655-66.
72. Craig AD. Interoception: the sense of the physiological condition of the body. Curr Opin Neurobiol. 2003;13(4):500-5.
73. Menon V, Uddin LQ. Saliency, switching, attention and control: a network model of insula function. Brain Struct Funct. 2010;214(5-6):655-67.
74. Seeley WW, Menon V, Schatzberg AF, Keller J, Glover GH, Kenna H, et al. Dissociable intrinsic connectivity networks for salience processing and executive control. J Neurosci. 2007;27(9):2349-56.
75. Damasio AR. The feeling of what happens: body and emotion in the making of consciousness. New York: Harcourt; 1999.
76. Damasio A. Descartes' error: emotion, reason, and the human brain. New York: Putnam; 1994.
77. Panksepp J. Affective neuroscience: the foundations of human and animal emotions. New York: Oxford University Press; 1998.
78. Rolls ET. Emotion and decision-making explained. Oxford: Oxford University Press; 2014.
79. Friston K. The free-energy principle: a unified brain theory? Nat Rev Neurosci. 2010;11(2):127-38.
80. Friston K, Kiebel S. Predictive coding under the free-energy principle. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2009;364(1521):1211-21.
81. Friston KJ. The free-energy principle: a rough guide to the brain? Trends Cogn Sci. 2009;13(7):293-301.
82. Clark A. Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science. Behav Brain Sci. 2013;36(3):181-204.
83. Feldman Barrett L. The theory of constructed emotion: an active inference account of interoception and categorization. Soc Cogn Affect Neurosci. 2017;12(1):1-23.
84. Pessoa L. On the relationship between emotion and cognition. Nat Rev Neurosci. 2008;9(2):148-58.
85. Pessoa L. Emotion and cognition and the amygdala: from "what is it?" to "what's to be done?" Neuropsychologia. 2010;48(12):3416-29.
86. Etkin A, Egner T, Kalisch R. Emotional processing in anterior cingulate and medial prefrontal cortex. Trends Cogn Sci. 2011;15(2):85-93.
87. Shackman AJ, Salomons TV, Slagter HA, Fox AS, Winter JJ, Davidson RJ. The integration of negative affect, pain and cognitive control in the cingulate cortex. Nat Rev Neurosci. 2011;12(3):154-67.
88. Uddin LQ. Salience processing and insular cortical function and dysfunction. Nat Rev Neurosci. 2015;16(1):55-61.
89. Craig AD. Significance of the insula for the evolution of human awareness of feelings from the body. Ann N Y Acad Sci. 2011;1225:72-82.
90. Critchley HD. Neural mechanisms of autonomic, affective, and cognitive integration. J Comp Neurol. 2005;493(1):154-66.
91. Critchley HD, Harrison NA. Visceral influences on brain and behavior. Neuron. 2013;77(4):624-38.
92. Saper CB. The central autonomic nervous system: conscious visceral perception and autonomic pattern generation. Annu Rev Neurosci. 2002;25:433-69.
93. Thayer JF, Lane RD. Claude Bernard and the heart-brain connection: further elaboration of a model of neurovisceral integration. Neurosci Biobehav Rev. 2009;33(2):81-8.
94. Gross JJ. Emotion regulation: current status and future prospects. Psychol Inq. 2015;26(1):1-26.
95. Aldao A, Nolen-Hoeksema S, Schweizer S. Emotion-regulation strategies across psychopathology: a meta-analytic review. Clin Psychol Rev. 2010;30(2):217-37.

96. Hofmann SG, Asnaani A, Vonk IJJ, Sawyer AT, Fang A. The efficacy of cognitive behavioral therapy: a review of meta-analyses. Cogn Ther Res. 2012;36:427-40.
97. Olatunji BO, Cisler JM, Deacon BJ. Efficacy of cognitive behavioral therapy for anxiety disorders: a review of meta-analytic evidence. Psychiatr Clin North Am. 2010;33(3):557-77.
98. Cuijpers P, Cristea IA, Karyotaki E, Reijnders M, Huibers MJH. How effective are cognitive behavior therapies for major depression and anxiety disorders? A meta-analytic update. World Psychiatry. 2016;15(3):245-58.
99. Cipriani A, Furukawa TA, Salanti G, Chaimani A, Atkinson LZ, Ogawa Y, et al. Comparative efficacy and acceptability of 21 antidepressant drugs for the acute treatment of adults with major depressive disorder. Lancet. 2018;391(10128):1357-66.
100. Stahl SM. Stahl's essential psychopharmacology: neuroscientific basis and practical applications. 5th ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2021.

Issued: 10.09.2026
ISBN: 978-625-378-719