

ADLI BİLİMLER VE SUÇ ARAŞTIRMALARI DERGİSİ

Turkish Journal of Forensic Sciences and Crime Studies

ISSN: 2687-3397 | Cilt / Volume: 6 | Sayı / Issue: 1 | Mart / March 2024

Adli Bilimler ve Suç Araştırmaları Dergisi

ISSN: 2687-3397 • Yıl: 2024 • Cilt: 6 • Sayı: 1 • Mart 2024

İmtiyaz Sahibi

Prof. Dr. Yılmaz ÇOLAK, Polis Akademisi Başkanlığı adına

Editör

Doç. Dr. Hasan Sencer PEKER, Polis Akademisi

Danışma Kurulu

- Prof. Dr. Ilkka Ojanperä, University of Helsinki, Finlandiya
Prof. Dr. Cem Şafak Çukur, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Prof. Dr. Cengiz Şahin, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof. Dr. H. Sinan Süzen, Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Nergis Cantürk, Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Ruiqin Yang, People's Public Security University of China, Çin
Prof. Dr. Sibel Özkan, Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Faruk Aşıcıoğlu, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Prof. Dr. Nuray Ögün Şatıroğlu, Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Thomas Keller, University of Salzburg, Avusturya
Prof. Dr. H. H. Sevil Atasoy, Üsküdar Üniversitesi
Prof. Dr. Erdal Dinç, Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Bengi Uslu, Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. O. P. Jasuca, RIMT University, Hindistan
Prof. Dr. Zafer Üstündağ, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Prof. Dr. Lokman Uzun, Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Rakhi Agarwal, Gujarat University, Hindistan
Prof. Dr. Yusuf Dilgin, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Prof. Dr. Işık Perçin Demirçelik, Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Nebile Dağlıoğlu, Çukurova Üniversitesi
Doç. Dr. M. Oğuzhan Çağlayan, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
Doç. Dr. Miraç Burak Gönültaş, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Doç. Dr. Zhenjun Jia, People's Public Security University of China, Çin
Doç. Dr. Nikola Milašinović, University of Criminal Investigation and Police Studies, Sırbistan
Doç. Dr. Onur Erdem, Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Doç. Dr. Engin Tutkun, Bozok Üniversitesi
Doç. Dr. Harun Artuner, Hacettepe Üniversitesi
Doç. Dr. Smilja Teodorovic, University of Criminal Investigation and Police Studies, Sırbistan
Doç. Dr. Halit Arslan, Gazi Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi M. Bedii Kaya, Bilgi Üniversitesi
Dr. Maria A. Martinez, National Institute of Toxicology and Forensic Sciences, İspanya

- Yazı İşleri Müdürü** : Arş. Gör. Niyazi Umud Akıncıoğlu
Yardımcı Editör : Dr. Öğr. Üyesi Simge Varlık
Sekreteryası : Polis Akademisi Adli Bilimler Enstitüsü, Eğit. ve Yön. Şube Müd.
Tasarım : Polis Akademisi Tasarım Ekibi

Her hakkı saklıdır. Adli Bilimler ve Suç Araştırmaları Dergisi yılda iki kez yayınlanan hakemli ve süreli bir yayındır. Yayın dili Türkçe ve İngilizcedir. Adli Bilimler ve Suç Araştırmaları Dergisinde yayınlanan makalelerdeki görüş ve düşünceler yazarların kendi kişisel görüşleri olup, hiçbir şekilde Polis Akademisi'nin ve Emniyet Genel Müdürlüğü'nün görüşlerini ifade etmez. Makaleler sadece dergiye referans verilerek akademik amaçla kullanılabilir. Adli Bilimler ve Suç Araştırmaları Dergisi'ne gönderilen makaleler ıade edilmezler.

Yazışma Adresi: Polis Akademisi Başkanlığı Adli Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü, Yücepete Mah. Necatibey Cad. No: 108, 06570, Anıttepe-Çankaya-Ankara / TÜRKİYE Tel: +90 (312) 462 90 43.
E-posta: absad@pa.edu.tr

Baskı: Polis Akademisi Başkanlığı, Basım ve Yayım Şube Müdürlüğü, Fatih Sultan Mehmet Bulvarı, No: 218, Yenimahalle-Ankara.

Sertifika No: 45724

<http://absad.pa.edu.tr>

Turkish Journal of Forensic Sciences and Crime Studies

ISSN: 2687-3397 • Year: 2024 • Volume: 6 • Issue: 1 • March 2024

Published by

Prof. Dr. Yılmaz ÇOLAK, on behalf of Presidency of Turkish National Police Academy

Editor-in-Chief

Assoc. Prof. Dr. Hasan Sencer PEKER, Turkish National Police Academy

Advisory Board

- Prof. Dr. Ilkka Ojanperä, University of Helsinki, Finland
Prof. Dr. Cem Şafak Çukur, Yıldırım Beyazıt University
Prof. Dr. Cengiz Şahin, Ankara Hacı Bayram Veli University
Prof. Dr. H. Sinan Süzen, Ankara University
Prof. Dr. Nergis Cantürk, Ankara University
Prof. Dr. Ruiqin Yang, People's Public Security University of China
Prof. Dr. Sibel Özkan, Ankara University
Prof. Dr. Faruk Aşıcıoğlu, İstanbul University-Cerrahpaşa
Prof. Dr. Nuray Öğün Şatroğlu, Hacettepe University
Prof. Dr. Thomas Keller, University of Salzburg, Austria
Prof. Dr. H. H. Sevil Atasoy, Üsküdar University
Prof. Dr. Erdal Dinç, Ankara University
Prof. Dr. Bengi Uslu, Ankara University
Prof. Dr. O. P. Jasuca, RIMT University, India.
Prof. Dr. Zafer Üstündağ, Kütahya Dumlupınar University
Prof. Dr. Lokman Uzun, Hacettepe University
Prof. Dr. Rakhi Agarwal Gujarat University, India
Prof. Dr. Yusuf Dilgin, Çanakkale Onsekiz Mart University
Prof. Dr. Işık Perçin Demirçelik, Hacettepe University
Prof. Dr. Nebile Dağlıoğlu, Çukurova University
Assoc. Prof. Dr. M. Oğuzhan Çağlayan, Bilecik Şeyh Edebali University
Assist. Prof. Dr. Miraç Burak Gönültaş, Sivas Cumhuriyet University
Assoc. Prof. Dr. Zhenjun Jia People's Public Security University of China, Çin
Assoc. Prof. Dr. Nikola Milašinović, University of Criminal Investigation and Police Studies, Serbia.
Assoc. Prof. Dr. Onur Erdem, Sağlık Bilimleri University
Assoc. Prof. Dr. Engin Tutkun, Bozok University
Assoc. Prof. Dr. Harun Artuner, Hacettepe University
Assoc. Prof. Dr. Smilja Teodorovic, University of Criminal Investigation and Police Studies, Serbia
Assoc. Prof. Dr. Halit Arslan, Gazi University
Assist. Prof. Dr. M. Bedii Kaya, Bilgi University
Dr. Maria A. Martinez, National Institute of Toxicology and Forensic Sciences, Spain

Publication Manager: Res. Assist. Niyazi Umüt Akıncıoğlu

Assistant Editor : Assist. Prof. Dr. Simge Varlık

Secretarial : Turkish National Police Academy, Institute of Forensic Sciences,
Section of Education and Management

Design : Turkish National Police Academy Design Team

All rights reserved. Turkish Journal of Forensic Sciences and Crime Studies is a peer-reviewed and periodical publication published twice a year. The language of publication is Turkish and English. The ideas and opinions in the articles published in Turkish Journal of Forensic Sciences and Crime Studies are the authors' own personal opinions and in no way express the views of Turkish National Police Academy and the General Directorate of Security. Articles can only be used for academic purposes with reference to the journal. Articles submitted to Turkish Journal of Forensic Sciences and Crime Studies are not returned.

Correspondence Address: Turkish National Police Academy, Institute of Forensic Sciences, Yücepete Mah. Necatibey Cad. No: 108, 06570, Anıttepe-Çankaya-Ankara / TÜRKİYE Tel: +90 (312) 462 90 43.

E-mail: absad@pa.edu.tr Print: Turkish National Police Academy, printing and publishing Branch Directorate, Fatih Sultan Mehmet Bulvarı, No: 218, Yenimahalle-Ankara.

Certificate No: 45724

<http://absad.pa.edu.tr>

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Önsöz/Preface.....	1
Nedim Havle, Sudiye Aksoy Theoretical Approaches to The Psychology of Cyberterrorism	3
<i>Siber Terörizmin Psikolojisi Üzerine Kuramsal Yaklaşımlar</i> (<i>Derleme/Review</i>)	
Ahmet Metin Kriminal Görüşmelerde Sözsüz Davranış Analizi ve Sözsüz Davranış Eğitim Programı	22
<i>Nonverbal Behavior Analysis in Criminal Interrogation</i> (<i>Derleme/Review</i>)	
Kenan Yanar, Sedef Aksungur Adli Bilimlerde DNA Metilasyonları Kullanılarak Bireysel Yaş Tahmini	42
<i>Individual Age Estimation Using DNA Methylation in Forensic Science</i> (<i>Derleme/Review</i>)	

Editörden,

Değerli Okurlarımız,

Sizlere Adli Bilimler ile ilgili bir dergi sunmanın heyecanı içerisindeyiz. 2023 yılının ikinci sayısında ağırlıklı olarak psikoloji alanındaki makaleleri derginin bu sayısında bulabilirsiniz.

Nispeten yeni bir dergi olan Adli Bilimler ve Suç Araştırmaları dergisi, her sayıda kendisini geliştirmeyi ve dünya standartlarında bir dergi olmayı hedeflemektedir. Bu amaçla hem şekil şartlarını hem de makale çeşitliliğini arttırmak üzere dergi ekibi olarak elimizden geleni yapmaktayız.

Adli Bilimler ve Suç araştırması dergisini daha iyi yerlere taşımak amacıyla farklı makale çeşitlerinden ve farklı disiplinlerden gelen çalışmalardan oluşacak olan gelecek sayıları daha fazla özen göstererek hazırlayacağız.

Dergimiz, Adli Bilimler alanında çalışan uzmanlar, öğrenciler ve ilgili diğer kişiler için bir kaynak olmayı amaçlamaktadır. Adli Bilimlerin farklı dallarına dair güncel araştırmalar, teknikler ve yaklaşımlar hakkında bilgi sahibi olmak isteyen herkes için yararlı bir kaynak olacaktır.

Son olarak, dergimizin hazırlanmasında emeği geçen tüm yazarlarımıza, ekibimize ve hakemlerimize teşekkür etmek istiyoruz. Adli Bilimler alanındaki bilgi birikimlerini bizlerle paylaşarak, bu derginin hazırlanmasına katkıda bulundular.

Doç. Dr. Hasan Sencer PEKER

From the Editor-in-Chief...

We are excited to present to you a journal related to Forensic Sciences. In the second issue of 2023, you can primarily find articles in the field of psychology.

The relatively new journal, Forensic Sciences and Crime Research, aims to continually improve itself in each issue and strives to become a globally recognized publication. To achieve this goal, the journal's team is working diligently to enhance both the formatting requirements and the diversity of articles.

With the intention of elevating Forensic Sciences and Crime Research to greater heights, we will take even more care in preparing future issues, which will consist of contributions from various types of articles and disciplines.

Our journal aims to be a valuable resource for experts, students, and other individuals interested in the field of Forensic Sciences. It will serve as a useful source of information on current research, techniques, and approaches in various branches of Forensic Sciences.

Lastly, we would like to extend our gratitude to all the authors, our team, and our reviewers who have contributed to the preparation of this journal. By sharing their expertise in the field of Forensic Sciences, they have made a significant contribution to the creation of this journal.

Assc. Prof. Dr. Hasan Sencer PEKER

Theoretical Approaches to The Psychology of Cyberterrorism

Nedim Havle*, **Sudiye Aksoy****

Abstract: Cyberterrorism is emerging as a complex and multidimensional threat to contemporary societies. This paper emphasizes that cyberterrorism is not only a technological phenomenon, but also a complex response to human psychology and social structures. It explores how individuals' experiences of social exclusion, identity crises, and perceptions of injustice have a critical impact on their participation in cyberterrorism. In this context, a comprehensive understanding of how cyberterrorism contributes to the radicalization process of individuals is necessary.

The article examines in detail the psychological dimensions of cyberterrorism, focusing on individuals' need for group affiliation, their deviation from social norms, and their adaptation to the radical ideologies of terrorism. The impact of cyberterrorism on society and its effects on human psychology are comprehensively assessed, as are the processes of radicalization. This analysis reveals the critical importance of understanding the psychological needs and social context of individuals, in addition to technological measures, in combating cyberterrorism.

The article argues that cyberterrorism should be treated as a complex phenomenon in which psychological, social, and technological factors interact. This multidisciplinary approach emphasizes the importance of the integrated use of psychological and sociological theories to understand and combat cyberterrorism. This approach proposes a holistic solution to better understand the impact of cyberterrorism on society and to effectively deal with this global threat.

Keywords: Cyberterrorism, Cybercrime, Human Psychology, Social Dynamics, Multidisciplinary Approach

* Psychiatry Specialist. T.C Ministry of Health Istanbul Bahçelievler State Hospital. nedimhavle@yahoo.com. ORCID No:0000-0003-2841-8460

** Instructor/Psychologist. T.C. Ministry of Justice Ord. Prof. Dr. Sulhi Dönmezer Education Center. sdyhsn@hotmail.com. ORCID No:0009-0002-1638-6887

Siber Terörizmin Psikolojisi Üzerine Kuramsal Yaklaşımlar

Nedim Havle*, Sudiye Aksoy**

Özet: Günümüzün hızla dijitalleşen dünyasında, siber terörizm, toplumlar üzerinde derin ve çok yönlü etkiler yaratabilecek bir sorunsal olarak görülmektedir. Bu bağlamda sunulan çalışma, siber terörizmin teknolojik bir fenomenin ötesinde, bireyin psikolojisi ve sosyal yapılarla karmaşık bir şekilde etkileşim içinde olabileceğini önermektedir. Toplumsal dışlanma, kimlik bunalımları ve adaletsizlik algısı gibi bireysel deneyimlerin, siber terör eylemlerine katılımı nasıl şekillendirebileceği üzerinde durulmakta ve bu etkileşimler detaylı bir şekilde incelenmektedir. Siber terörizmin, bireylerin radikalleşme sürecine olan etkilerini anlamak bu çalışmanın temel amaçlarından biri olarak belirlenmiştir.

Makale, siber terörizmin psikolojik yönlerine dair ayrıntılı bir inceleme sunarken, bireylerin grup içi dinamiklere aidiyet duygusu, sosyal normlardan sapma eğilimleri ve radikal ideolojilere adaptasyon süreçlerinin üzerinde durmaktadır. Bu süreçler, toplum üzerindeki genel etkileri ve insan psikolojisi üzerindeki yansımaları ile birlikte, radikalleşme süreçleri ışığında incelenmektedir. Elde edilen bulgular, siber terörle mücadelede teknolojik önlemlerin yanı sıra, bireylerin psikolojik ihtiyaçlarını ve sosyal bağlamı dikkate alan bir yaklaşımın önemli olabileceğini öne sürmektedir.

Bu çalışma, siber terörizmin, psikolojik, sosyal ve teknolojik unsurların bir arada etkileşim içinde olabileceği karmaşık bir olgu olarak ele alınabileceğini savunmaktadır. Çok katmanlı bir sorunun çözümü için multidisipliner bir perspektifin önerilmesi, siber terörizme dair daha derin bir anlayışa ulaşılmasına ve bu küresel tehditle daha etkili bir mücadele stratejisi geliştirilmesine yardımcı olabilir. Psikolojik ve sosyolojik teorilerin entegrasyonunun önemi vurgulanırken, siber güvenlik politikalarının geliştirilmesinde bireylerin sosyo-psikolojik profillerinin ve toplumsal dinamiklerin göz önünde bulundurulması, siber terörizmin önlenmesi ve mücadele stratejilerinde yenilikçi yaklaşımlar geliştirilebileceği öne sürülmektedir. Bütüncül bir yaklaşımın benimsenmesi, siber terörizmin toplumsal etkilerinin daha iyi anlaşılmasına ve bu geniş çaplı tehditle daha etkin bir mücadele yöntemi geliştirilmesine olanak tanıyabilir.

Anahtar Kelimeler: Siber Terörizm, Siber Suç, İnsan Psikolojisi, Sosyal Dinamikler, Multidisipliner Yaklaşım

* Psikiyatri Uzmanı. T.C Sağlık Bakanlığı İstanbul Bahçelievler Devlet Hastanesi. nedimhavle@yahoo.com. ORCID No:0000-0003-2841-8460

** Öğretim Görevlisi/Psikolog. T.C. Adalet Bakanlığı Ord. Prof. Dr. Sulhi Dönmezer Eğitim Merkezi. sdyhsn@hotmail.com. ORCID No:0009-0002-1638-6887

Introduction

In the modern era of rapid technological advancement, cyber terrorism has become a threat that transcends traditional notions of security. The purpose of this article is to explore not only the technical and tactical dimensions of cyber terrorism, but also its psychological and sociological aspects. Our analysis will address the impact of cyberterrorism on the lives of individuals and societies, particularly in terms of psychological dynamics and social interactions. The paper examines the motivations underlying cyberterrorism and how they are intertwined with psychological factors such as individuals' perceptions of injustice, identity confusion, and the need to belong. It also discusses the impact of cyberterrorism on social structures and institutions in the context of ideological diffusion and group dynamics. Drawing on theories from cognitive and social psychology, this review examines how cyberterrorism affects individuals' behavior and thought processes. It examines the impact of cyberterrorism on individuals' moral decision-making processes, social identities, and group tendencies. Finally, it emphasizes the importance of multi-faceted strategies to counter cyberterrorism that go beyond purely technological measures and take into account psychological and sociological factors. This study will demonstrate the need for a holistic approach to understanding the complex nature of cyberterrorism and identifying effective ways to combat it.

Definition and Scope of Cybercrime

Cybercrime is one of the most prominent forms of crime in the digital age and is becoming increasingly complex as technology continues to evolve. This new type of crime goes beyond traditional concepts of crime and encompasses offenses committed with or against information technology. The definition and scope of cybercrime is critical to understanding and effectively combating it. Cybercrime is defined as illegal activities that typically take place over the Internet and target computers, networks, and digital data. These crimes can target the information and communication technologies of individuals, organizations, or governments. Cybercrime includes not only crimes committed using technological tools, but also cases where traditional crimes are committed using technology.

The scope of cybercrime is broad and varied and can be analyzed under the following headings:

Data breach and theft: This category includes the loss of personal information, financial data and trade secrets through unauthorized access or theft.

Identity theft and fraud: The theft of an individual's identity information and the use of that information to commit fraud or other illegal activities.

Software and hardware damage: The use of malicious software, such as viruses, Trojan horses and ransomware to damage or disable computer systems.

Cyber harassment and bullying: Actions taken over the Internet to threaten, harass, or harm individuals.

Intellectual property infringement: Violation of intellectual property rights, such as copyright, trademark or patent infringement.

State-sponsored cyberattacks: Attacks against the information systems of other states, organizations or individuals that are sponsored or carried out by states (Sabillon et al., 2016, pp. 165-176).

Most cybercrime is perpetrated by hackers. Hackers are individuals who seek out and exploit security vulnerabilities. They often have high intelligence, the ability to solve complex problems, and strong technical skills. Hackers can be divided into three main categories: White Hats, Black Hats, and Gray Hats. White hat hackers are ethical individuals who work to make systems more secure. Black hats engage in illegal activities, and cyber terrorists can also be included in this group. Grey hat hackers identify and publicize security vulnerabilities (Venue, 2012). The effects of cybercrime range from economic losses to social and psychological consequences. Financial losses, breaches of corporate and personal security, theft of personal information, and even threats to national security are among the damages that these crimes can cause.

Cyber Terrorism

Cyber terrorism can be defined as the process of meeting logistical needs through violent criminal acts, activities and propaganda carried out by members of terrorist organizations and associated individuals through network systems in order to achieve political goals. This definition includes acts carried out in cyberspace or using cyber tools that aim to create fear, cause harm, or disrupt public order (Vilic, 2017). Cyber terrorism has become one of the most important security challenges of the 21st century. With the advancement of technology and the spread of the Internet, this new form of terrorism poses a serious threat to international security, economic stability, and individual freedoms. Terrorist organizations prefer cyber attacks because they are less likely to be tracked, they can attack multiple targets, there is no risk of death, and they can act with an anonymous identity.

The scope of cyberterrorism can be analyzed under the following major headings:

Attacks on critical infrastructure: Cyber attacks on critical infrastructure such as power plants, water treatment facilities, transportation systems, and health care services.

Information systems damage: Cyber attacks on critical information systems such as government agencies, financial institutions, and large corporations.

Public opinion and propaganda: Manipulating public opinion and propaganda for terrorist organizations by spreading misleading information through social media and other online platforms.

Attacks on personal data: Gaining access to individuals' private information and using it for threats, blackmail, or other illegal purposes.

The effects of cyberterrorism are as follows:

Economic damage: Cyber attacks can disrupt the functioning of businesses and economic systems, causing massive financial losses.

Threats to security and stability: Attacks on critical infrastructure pose a serious threat to national security and social stability.

Political and social tensions: Misinformation and propaganda can increase political and social tensions and divide societies.

Privacy and security breaches: The theft and misuse of individuals' private information leads to privacy and security breaches (Sagiroglu & Arslan, 2019, pp. 239-244).

Cyberterrorism is a global threat that poses new and serious security challenges to states, organizations, and individuals in today's world. International cooperation, strong cybersecurity policies, and widespread public awareness are needed to properly understand, effectively prevent, and combat this threat (Broadhurst et al., 2017).

Theoretical Approaches

Cyberterrorism is a phenomenon that threatens not only national security, but also the psychological well-being of individuals and societies in the modern world. Unlike traditional terrorism, this form of digital threat takes place in a virtual environment but has deep and lasting effects in the real world. Cyberterrorism is typically driven by four main motivations: (1) opportunity to act, (2) need to belong, (3) desire for social status, and (4) financial gain. These motivations can be analyzed under three main themes: perception of injustice, identity confusion, and the problem of belonging (Shadach, Geller, Barak, Hill, & Azani, 2021), (Gross, Canetti, & Vashdi, 2016, pp. 284 - 291).

Perception of injustice

Cyberterrorist behavior is often based on a deeply rooted perception of injustice. This psychological underpinning plays a critical role in motivating individuals to engage in cyberterrorism. Perceptions of injustice typically focus on specific policies, individuals, governments, or entire nations and serve as a catalyst to

legitimize aggressive behavior. Underlying these perceptions are cognitive biases that significantly distort an individual's view of reality. These distortions can lead to overgeneralizations and erroneous conclusions, and are often manifested in thought patterns such as "This is not right - This is not fair - This is your fault - You are the devil. Such thoughts not only justify aggression, but also reinforce a hostile image of the target. These perceptions are closely related to psychological defenses. Projection, for example, involves attributing one's own negative traits or emotions to others. In the context of cyberterrorism, this can mean projecting personal feelings of injustice onto the target person or group to further legitimize aggressive actions. Emotions such as anger and hostility are inextricably linked to perceptions of injustice and can provide a powerful psychological impetus for cyberterrorist activities. These intense emotions can drive individuals to commit acts of violence and aggression against specific social or political entities.

Furthermore, socio-economic status plays an important role in shaping these perceptions. Individuals from lower socioeconomic backgrounds may experience societal inequalities more acutely, as suggested by Polyakov and Starodubtseva (2019). This heightened sense of inequality may be a strong motivator for engaging in acts of cyberterrorism, as these individuals seek to address or avenge the injustices they perceive.

Revenge

The progression from perceived injustice to the desire for revenge is a central psychological trajectory in the context of cyberterrorism. This desire for revenge can manifest itself at both the individual and collective levels, often using cyberspace as a channel to retaliate against perceived wrongs to self or community. Central to this dynamic is the role of emotional responses, particularly anger and hostility, which are direct extensions of perceived injustices. The escalation of these emotions can significantly increase an individual's vengeful tendencies. Psychological frameworks emphasize the importance of emotional regulation in mitigating these intense vengeful desires.

From a psychiatric perspective, the desire for revenge can also be linked to narcissistic injuries and experiences of rejection. In the realm of cyberterrorism, individuals may resort to cyberattacks as a means of responding to personal slights. These actions are often motivated by the need to demonstrate power and maintain self-esteem, and may serve as a defense mechanism against perceived insult or humiliation. In addition, the collective dimension of revenge in cyberterrorism is also noteworthy. Individuals may respond not only to personal injustices, but also to perceived group injustices, and integrate these victimizations into their group identity. Cyberterrorism can reinforce this sense of collective identity, transforming individual revenge into a coordinated group effort.

Albert Bandura's theory of moral disengagement (Bandura, 1990, pp. 161-191) provides an important lens for understanding how acts of revenge can be morally rationalized. This theory can provide insight into how individuals find a justifiable framework for their vengeful actions by disengaging from established moral values and thus committing acts of cyberterrorism under the guise of revenge.

The desire for revenge in cyberterrorism is intricately tied to individuals' perceptions of injustice and the resulting emotional, social, and psychological processes. Understanding these processes is essential to a holistic understanding of the motivations that drive cyberterrorist activity. Identifying the roots of vengeful desires and effectively managing these emotions is important for developing strategies to prevent and counter acts of cyberterrorism.

Identity Confusion

The phenomenon of identity confusion plays a critical role in the psychological landscape of cyberterrorism. The development of a healthy and coherent personal identity is essential to the integrity and continuity of an individual's personality. In the absence of such development, individuals may find themselves drawn to extreme ideologies, including those espoused by terrorist groups. The concept of "identity mortgage," whereby an individual uncritically adopts a particular role, ideology, or identity, is particularly important in this context. The absolutist nature of extremist ideologies is often attractive to people struggling with the uncertainties and stressors of a complex and multifaceted world. Psychoanalytically, this predisposition can be linked to an incomplete superego structure, often resulting from the absence of a strong parental figure or guidance. Observations suggest that low parental authority and weak ego integrity are common traits among individuals who turn to cyberterrorist activities.

For individuals experiencing a fundamental gap in their sense of self, the lure of terrorist group membership may provide a semblance of identity and belonging. In these scenarios, group membership may become the dominant element of their psychosocial identity. This transformation often coincides with a process of "de-identification" in which the individual's sense of personal responsibility is diminished, setting the stage for increased antisocial or violent behavior. The unique environment of cyberspace exacerbates this confusion of identity. The ability to operate under pseudonyms and the perception of being untraceable feeds the sense of being "someone else" or "somewhere else. This distancing from one's true identity increases the influence of groupthink and reduces perceived personal responsibility for acts of violence, further entrenching individuals in the cyberterrorist mindset.

Understanding the intricacies of identity confusion and the resulting group dynamics is critical to addressing the psychological and psychiatric dimensions of individuals involved in cyberterrorism. Recognizing the role of identity in these

processes is a critical step in developing effective policies and strategies against cyberterrorism.

The Problem of Belonging

The complex relationship between cyberterrorism and people’s search for belonging, affiliation, and attachment requires a comprehensive social psychological examination. Central to this examination is the idea that the impulse to join terrorist organizations is often driven by a deep “need to belong,” as demonstrated in research by Hogg, Hohman, and Rivera (2008, pp. 1269-1280). This need is particularly pronounced among those who feel marginalized and alienated from mainstream society.

From a social psychological perspective, belonging is recognized as a basic human need. Individuals struggling with social exclusion and alienation may be drawn to radical groups that promise to fill this void. By offering a surrogate “family” or community, these groups can provide an alternative to the sense of belonging that is often unattainable in the “real” world. However, this newfound sense of belonging can come at a significant personal cost. Membership in these groups can compel individuals to engage in behaviors that are diametrically opposed to their intrinsic moral and human values.

The dynamics of belonging in cyberterrorism are uniquely complex. The anonymity of digital space and the fungibility of online identities can create a different experience of belonging than traditional terrorist groups. Online environments can allow individuals to interact with extremist groups without the constraints of their real-world identities. This disconnect can accelerate the assimilation and acceptance of extremist ideologies.

Cyberterrorism thus becomes a particularly attractive avenue for those who feel disenfranchised and socially isolated. The sense of virtual belonging it provides can be a powerful catalyst, leading individuals to deviate from social norms and engage in actions that further the group’s ideological goals. While this virtual community can alleviate feelings of alienation and social exclusion, it also sets the stage for a journey toward radicalization and acts of violence.

Ideology

The intersection of ideology and cyberterrorism can be understood in complex ways through a multidisciplinary lens that spans sociological and psychological paradigms. This complexity stems from how individuals acquire and internalize ideological beliefs, particularly in the digital environment.

Manuel Castells’ theory of the “network society” (Castells, 2013, p. 26) provides a deep understanding of the structural role of the internet in the spread of

radical ideologies. The specific design of the internet encourages the rapid dissemination of information, allowing extremist ideologies to reach a wider audience at an unprecedented speed. This digital architecture greatly increases the exposure of individuals to radical beliefs and facilitates the assimilation of these ideologies. Erik Erikson's theory of identity development (Bishop, 2013, pp. 1055-1061) provides insight into the personal commitment to ideologies among cyberterrorists. In times of identity crisis, individuals often seek ideologies that provide a sense of belonging and purpose. In this context, cyberterrorism may become attractive by offering not only a clear identity, but also existential solutions and a sense of community. Leon Festinger's theory of cognitive dissonance (Festinger, 1957) explores the psychological processes that drive individuals toward ideological conformity. Influenced by group dynamics and the desire for cognitive conformity, cyberterrorists may adopt increasingly radical ideologies. This conformity helps to minimize dissonance between personal beliefs and group actions, rationalizing and even valorizing acts of violence. Max Weber's theories of authority (Weber, 2005) are helpful in understanding how cyberterrorist ideologies gain legitimacy. Charismatic or traditional authorities in these groups can often manipulate historical narratives or religious texts to legitimize violence and portray their actions as morally obligatory and imperative. Anthony Giddens' (Giddens, 1999) structuration theory provides a broader social perspective by emphasizing how cyberterrorism affects social structures and institutions. Cyberterrorist activities exploit technological dependencies and vulnerabilities to achieve ideological goals. This process can lead to significant changes in security policy and public use of technology, revealing the pervasive influence of cyberterrorist ideology on societal dynamics.

In cyberterrorism, ideology can act as a catalyst for violence by providing a moral and political framework that shapes perceptions and guides actions. It attempts to link immediate behavior, such as violence, to long-term expectations or promised rewards. Making this connection often requires unwavering belief and acceptance, as the realization of these outcomes may be uncertain. The promise of significant outcomes or rewards acts as a powerful motivational force that reinforces adherence to the ideology.

Diffusion of Responsibility in Cyberterrorism

The concept of diffusion of responsibility in cyberterrorism can be critically analyzed through the lens of classic psychological studies and theories. Zimbardo's Stanford Prison Experiment (Drury et al., 2012, pp. 161-170) and Milgram's obedience experiments (Blass, 2009, pp. 37-45) provide important insights into how the collective dynamics of a group can influence the moral decisions of individuals. These studies show that, particularly in a group setting characterized by

hierarchy or a strong authority figure, individuals often experience a dilution of personal responsibility that can lead to morally questionable actions.

In the realm of cyberterrorism, the anonymity afforded by online interactions and the physical distance of group members play an important role in reducing each member's sense of personal responsibility. This reduced sense of responsibility, coupled with the impersonal nature of digital interaction, can make it easier for individuals to act in accordance with group directives, even when these deviate from societal moral and ethical standards.

Anonymity further affects this dynamic by potentially eliminating the cognitive dissonance that individuals may experience regarding the consequences of their actions. In a state of anonymity, individuals may find it easier to engage in violent or harmful behavior because the separation from their real-world identities reduces the psychological discomfort typically associated with such actions.

Within cyberterrorist groups, there is often a strong identification of individual social identities with the collective identity of the group. This cohesion facilitates the distribution of responsibility among members and can encourage compliance with group norms and obedience to orders. This phenomenon is supported by the notion that group identity overrides individual identity and can result in a collective moral compass that may be very different from that of each individual member.

Erich Fromm's analysis of the mechanisms of adaptation and avoidance of authority (Fromm, 2017) is particularly relevant in this context. In cyberterrorism, individuals may suspend their personal moral and ethical judgments in favor of group directives. This suspension of individual morality may be exacerbated in cyberspace, where the physical isolation of members makes them more vulnerable to the influence of group norms and increases peer pressure.

The greater the pressure, the more likely individuals are to obey group commands, often without critical consideration of the moral consequences. This dynamic is particularly strong in cyberterrorist groups, where collective identity and goals can greatly overshadow individual ethical considerations.

Self, Identity, Anonymity

The complex interplay of self, identity, and anonymity in cyberterrorism can be examined through several theoretical lenses. Emile Durkheim's concept of anomie (Marks, 1974, pp. 329-363) provides a fundamental understanding of how the dissolution of social norms in the digital world leads to depersonalization. In cyberterrorism, this dissolution can create an uncertain space where social norms blur and personal identities lose their traditional foundations. This uncertainty can encourage disengagement from social structures, making individuals more vulnerable to the lure of cybercriminal activity.

Alfred Adler's theory of the inferiority complex (Enrique, Arranz, Zarza, 2021, pp.7-8) provides insight into the motivational underpinnings of cyber terrorists. Their behavior may stem from an internal need to overcome feelings of inadequacy. The virtual world provides an opportunity for these individuals to develop a sense of superiority and control that compensates for their real-life shortcomings. To further explore group dynamics, the phenomenon of group polarization (Navajas et al., 2019, p. 29) illustrates how online interactions can reinforce radical views. Cyberterrorist groups, in particular, can act as echo chambers where individuals are drawn to increasingly extreme ideologies. This polarization can exacerbate feelings of low self-esteem and division among group members. Anthony Giddens' concepts of modernity and identity applied to cyberspace (McNally & Wheale, 2020) suggest that technology facilitates the reconfiguration of the self. Individuals who engage in cyberterrorism often reconstruct their identities in the digital world, creating personas that are significantly different from their true selves. This dissonance makes cyberterrorism a more attractive prospect for those seeking to escape their perceived inadequacies. In this context, the role of anonymity is crucial. Based on Leon Festinger's theory of cognitive dissonance (Festinger, 1957), anonymity in cyberspace may allow individuals to more easily reconcile conflicting beliefs and behaviors. It may allow them to embrace radical ideologies without the burden of social norms and traditional moral constraints. Henri Tajfel's theory of social identity (Tajfel and Turner, 1979, pp. 33-47) further explains how group membership in cyberterrorist networks reinforces social identities. This process involves conforming to and internalizing group norms and values, often leading to the prioritization of group goals over individual ethics. Such dynamics can lead individuals to abandon moral constraints and resort to violence. Examining the concept of depersonalization (Vilanova et al., 2017), we find that anonymity in cyberterrorist groups can lead to a loss of individual identity, which is replaced by a collective group identity. This shift may make participation in harmful activities more psychologically acceptable by reducing individual moral responsibility. Erving Goffman's dramaturgical approach (Yüceer, 2018) sheds light on how individuals in cyberterrorist groups change their social interactions and self-presentations in online environments. The distinction between "backstage" (private) and "frontstage" (public) behavior becomes apparent, often leading to a sharp contrast between real identity and group persona. Anonymity can deepen this distinction by further aligning individual behavior with group norms.

Finally, Asch's concept of normative influence (Battal et al., 2018) illustrates the power of group pressure in the context of cyberterrorism. This pressure can influence individuals to adopt and practice radical ideologies. Anonymity can amplify this effect by removing barriers that might otherwise prevent radical behavioral change.

Obedience in Cyberterrorism

The concept of compliance in cyberterrorism can be complexly examined through Robert Cialdini's (Cialdini, 2006) theories of social influence, with a particular focus on the principles of conformity and social proof. These principles explain how individuals in online environments submit to the influence of authority figures or group pressure. In the realm of cyberterrorism, this can often manifest as individuals mirroring the behavior of other group members, which can significantly influence their moral reasoning.

Lawrence Kohlberg's work on moral development (Kohlberg, 1963, pp. 277-330) provides further insight into this phenomenon. In the context of cyberterrorism, the delegation of moral agency to an authority figure can significantly undermine an individual's capacity for moral decision-making. Kohlberg suggests that such a scenario can lead to a regression to lower levels of moral development, where ethical judgments are heavily influenced, if not dictated, by external authorities. Understanding the role of authority in cyberterrorism can be enriched by Max Weber's typology of authority (Weber, 2005), particularly the concept of charismatic authority. The influence of charismatic leaders in cyberspace can be profound. Such figures can significantly shape individuals' moral values and perceptions of personal responsibility, thereby increasing their willingness to engage in cyberterrorist activities. Philip Zimbardo's (Zimbardo, 2004) research on responsibility shifting is particularly relevant in this context. The anonymity inherent in cyberspace can lead to a reduced sense of personal responsibility, making moral deviance more likely. As a result, individuals in such environments may be more inclined to obey authority figures, often at the expense of their own moral decision-making processes. In addition, Irvin D. Yalom's theory of core factors in group therapy (Yalom, 2018) provides valuable insights into the dynamics within cyberterrorist groups. Factors such as group cohesion, shared beliefs, and common goals can reinforce submissive behavior among members. These dynamics can profoundly affect the moral reasoning of individual members, potentially leading them to commit acts of violence under the guise of group goals.

To better understand obedience in cyberterrorism, it may be useful to include case studies or real-world examples where these dynamics play an important role. Furthermore, exploring countermeasures or psychological interventions aimed at mitigating these effects could provide a balanced perspective on preventing radicalization in cyberspace.

Cognitive Reorganization

The process of moral disengagement in cyberterrorism can be effectively analyzed through the lens of cognitive psychology, with a particular focus on cognitive

distortion mechanisms. These distortions skew individuals' perceptions of their actions and the resulting consequences, often significantly deviating from reality.

Drawing on Aaron Beck's theory of cognitive therapy (Beck, 1976), we see that individuals interpret their environment and themselves subjectively. This subjective perspective significantly influences moral value judgments and standards of behavior. In the context of cyberterrorism, this may mean that a cyberterrorist can rationalize his harmful actions by distorting the reality and effects of those actions. Henri Tajfel's social identity theory plays an important role in understanding the formation of group identities in cyberterrorism. As individuals embrace group membership and conform to group norms, there is a noticeable shift away from their personal identity. This shift can activate moral disengagement mechanisms, leading individuals to justify behavior that would otherwise be socially unacceptable. Leon Festinger's theory of cognitive dissonance provides insight into the ideological commitment of cyberterrorists. This theory argues that individuals naturally seek consistency in their beliefs and perceptions. In the case of cyber terrorists, this may often mean accepting information that is consistent with their ideological beliefs and rejecting contradictory evidence. Such selective perception and cognition may allow them to reframe destructive actions as consistent with ideological goals and further distance themselves from societal moral norms. Philip Zimbardo's concept of "deindividuation" (Zimbardo, 1969, pp. 237-307) is critical to understanding the impact of anonymity in cyberterrorism. Zimbardo argues that anonymity can significantly reduce moral constraints. In the realm of cyberterrorism, the combination of anonymity and remote interactions may reduce an individual's sense of responsibility, making moral detachment more likely.

Finally, Stanley Milgram's research on obedience highlights how authority figures can shape an individual's moral judgments. In cyberterrorist networks, leaders or ideological figures can exert significant influence, leading individuals to moral disengagement and encouraging actions that deviate from accepted societal norms. To deepen the understanding of cognitive restructuring in cyberterrorism, it would be useful to examine case studies where these psychological theories are brought to life. In addition, discussing potential interventions or training programs that address these cognitive biases could provide a more holistic perspective in combating cyberterrorism.

Moral Justification and Moral Reasoning

The concept of moral justification in cyberterrorism can be deeply understood through Albert Bandura's theory of moral disengagement. This theory posits that individuals sometimes deviate from their moral compass and use cognitive distortions to rationalize unacceptable behavior. In the realm of cyberterrorism, these distortions can be manipulated to legitimize attacks, often under the guise of po-

litical or social goals. This process can effectively blind individuals to the moral consequences of their actions, creating a dangerous disconnect between ethical standards and behavior.

Solomon Asch's seminal work on normative social influence (Asch, 1956, p. 1) further illuminates the powerful influence of group dynamics on individual moral reasoning. Within the confines of a cyberterrorist group, individuals may find themselves deviating from their personal moral beliefs under the influence of group norms and the directives of their leaders. This phenomenon illustrates how group pressure can significantly cloud an individual's moral judgment and lead to actions they would not consider on their own.

Cyberspace exacerbates this problem by reducing an individual's sense of responsibility. This digital dissociation facilitates the process of moral justification because the impersonal nature of cyberspace can make the consequences of one's actions feel less urgent or real. Lawrence Kohlberg's work on moral development provides further insight into how individuals in these groups may arrive at moral judgments. In the context of cyberterrorism, it seems plausible that an individual's morality may lean toward egoism or hedonism, placing immediate self-interest above established moral values. This perspective is often found in justifications for cyberattacks. In addition, the delayed moral reasoning of cyberterrorists may be related to deficiencies in their ethical decision-making processes. The unique dissociation provided by the Internet may lead individuals to ignore the real-world consequences of their actions, thereby compromising their ethical reasoning.

To strengthen this analysis, it may be instructive to include case studies of cyberterrorism incidents in which moral disengagement and group dynamics play a critical role. In addition, exploring strategies to improve ethical decision-making in digital environments may provide valuable insights into the moral justifications often used in cyberterrorism.

Victim blaming and disempowerment

The insidious strategy of victim blaming in cyberterrorism is based on Albert Bandura's theory of how attackers mentally legitimize their actions. This psychological maneuver involves a dangerous distortion of the victim's actions or character and can allow attackers to portray their attacks as not only legitimate, but necessary. This distorted logic can mitigate moral dissonance by transforming victims into instigators in the eyes of perpetrators. Extending this, research on social identity theory in the context of intergroup conflict provides insight into the construction of an enemy image. It shows how this distorted image significantly distorts individuals' moral judgments. Cyberterrorists use this tactic effectively; by dehumanizing their victims and stigmatizing them as inherently "bad" or "harmful," they can create a narrative that justifies their belligerent actions.

The neutralization theory of David Matza and Gresham Sykes (1957, pp. 664-670) further explains this phenomenon. It explains how cyber terrorists rationalize their behavior and numb their sense of moral responsibility. These techniques not only reduce the perpetrator's sense of guilt, but can also facilitate deviation from socially accepted moral norms. Philip Zimbardo's observations are particularly relevant in the context of cyberspace. He notes that anonymous environments such as the Internet significantly reduce the barriers to moral and ethical deviation. The anonymity and disconnectedness inherent in cyberspace can reduce one's sense of responsibility for one's actions. This environment is fertile ground for victim blaming and neutralization strategies, as it facilitates distancing from the real-world consequences of one's actions.

To gain a fuller understanding, one can examine real-world examples of cyberterrorism where victim blaming and disempowerment are prominent. In addition, discussing measures to counter these psychological tactics in cyber environments will provide a more balanced perspective and suggest ways to empower victims and hold perpetrators accountable.

Dehumanized victims

The phenomenon of dehumanization in cyberterrorism can be closely linked to Henri Tajfel's theory of social identity. In the dark corners of cyber conflict, the line between "us" and "them" can be blurred with alarming clarity. Emboldened by digital anonymity, cyberterrorists often place their adversaries in the "them" category and may perceive them not only as adversaries, but as subhuman or even transhuman beings. This alarming perspective is crucial to understanding the ease with which cyberterrorists deviate from moral norms and justify heinous acts against their perceived enemies. A closer examination of this process reveals how the usual empathic responses to humans are alarmingly blunted in the digital realm. The typical face-to-face interactions that humanize enemies are absent in cyberspace and can make the enemy an abstract concept rather than a real person. This disconnect plays a key role in making violence a more acceptable option for the cyberterrorist.

Albert Bandura's insights into the psychological underpinnings of "othering" enemies are particularly relevant here. Through a process of cognitive distortion fueled by group ideologies and prejudices, cyberterrorists are able to mentally justify their harmful actions. By dehumanizing their enemies, they see their actions not as crimes against humanity, but as necessary steps toward a perceived greater good. Case studies such as cyber attacks organized by ideologically motivated groups illustrate this dehumanization. For example, targeted attacks against specific ethnic or political groups, where the victims are reduced to symbols of a hated ideology [real-world case study if available], exemplify this phenomenon.

This dehumanization process is exacerbated by the pressures and ideological orientation within cyberterrorist groups. Within these groups, there is a collective mindset that legitimizes any action, no matter how violent, as long as it is in line with the group's goals. This collective mindset, explained by Bandura's social learning theory, can show how cyber terrorists learn and adopt these dehumanizing behaviors. Ideological diffusion within the group and the echo chamber effect of digital communication reinforce and normalize these attitudes. But this is not a one-way street. The psychological impact of this dehumanization on victims is profound. Victims can often suffer long-lasting psychological trauma as they are not only attacked, but also stripped of their humanity and identity in the eyes of their attackers. Society's response to these victims is often painted with the same dehumanizing brush, leading to further marginalization.

Addressing this dark side of cyberterrorism requires a multifaceted approach. Educational programs that foster digital empathy, policies that regulate online behavior, and strategies that promote positive group ideologies in cyberspace are particularly important. Understanding the unique mechanics of dehumanization in cyberterrorism compared to traditional terrorism can provide a pathway for developing targeted countermeasures. By addressing the underlying psychological processes that fuel this dehumanization, we can begin to reduce the power of cyberterrorists to dehumanize their victims.

Conclusion

This article has explored the complex landscape of cyberterrorism, demonstrating its multifaceted nature and significant consequences. Throughout the discourse, the idea that cyberterrorism transcends purely technological boundaries and encompasses deep psychological and sociological dimensions has been emphasized. This review argues for a broader perspective that goes beyond technological tools in combating cyber threats to include the psychological needs and social frameworks that surround individuals. The findings of this study underscore the need for comprehensive and integrative strategies to combat cyberterrorism. Complementing technological interventions with a nuanced understanding of the psychological impact of cyberterrorism and its embeddedness in social dynamics envisions a more nuanced and effective response to this pervasive threat. By placing the human element at the center of cybersecurity policy formulation, this approach is dedicated to developing societies that are not only resilient, but also deeply aware.

This paper aims to contribute to a nuanced understanding of the complex nature of cyberterrorism and the formulation of robust countermeasures. We believe that future research in this area has the potential to advance a holistic security paradigm that harmonizes technological and human-centered solutions. By effectively emphasizing interdisciplinary exchange in this concluding chapter, the scho-

larly contribution of this study is emphasized, thus infusing the literature with the richness of a multidisciplinary approach. This paves the way for innovative and comprehensive strategies to combat cyberterrorism. By shedding light on both the technological and human aspects of cyberterrorism, this study aims to enrich the body of knowledge in the field and guide future research. It is hoped that such efforts will play an important role in creating more informed and comprehensive policies against cyber terrorism.

References

- Andik Matuslessy, Nabilla H. Humaira. (2017). Hacker personality profiles reviewed in terms of the big five personality traits. *Psychology and Behavior*, 5(6), 137-142. <https://doi.org/10.11648/j.pbs.20160506.12>
- Asch, S. E. (1956). Studies in independence and conformity: I. A minority of one against a unanimous majority. *Psychological Monographs: General and Applied*, 70(9), p.1
- Bandura, A. (1990) 'Moral Disengagement Mechanisms', in W. Reich (ed.), *The Origins of Terrorism: Psychologies, Ideologies, Theologies, Theologies, States of Mind* (New York: Cambridge University Press, pp. 161-191,
- Battal, F. Yıldız, Ş., Kılıçaslan, Ş., & Çınar, E. (2018). The relationship between the Solomon ash compatibility experiment and individuals' decision-making styles (the case of Turkey).
- Beck AT. (1976). *Cognitive therapy and the emotional disorders*. International Universities Press, New York,
- Bishop,C.(2013).Psychosocial stages of development. pp.1055-1061. <https://doi.org/10.1002/9781118339893.WBECCP441>
- Blass, T. (2009). From New Haven to Santa Clara: A historical perspective on the Milgram obedience experiments. *The American Psychologist*, 64 1, pp. 37-45. <https://doi.org/10.1037/a0014434>.
- Broadhurst, Roderic, (2021). Cybercrime: Thieves, Swindlers, Bandits and Privateers in Cyberspace Broadhurst Roderic, 'Cybercrime: thieves, swindlers, bandits and privateers in cyberspace', in Cornish, Paul, ed. *Handbook of Cybersecurity*, Oxford University Press, forthcoming 2021., Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3009574> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3009574>)
- Broadhurst, R., Woodford-Smith, H., Maxim, D., Sabol, B., Orlando, S., Chapman-Schmidt, B., & Alazab, M. (2017). Cyberterrorism: A research review: Australian National University Cybercrime Observatory research report for the Korean Institute of Criminology. . <https://doi.org/10.2139/SSRN.2984101>.)
- Cialdini, R. (2006). *The Psychology of Persuasion*. Harper Collins e-books.
- Drury, S., Hutchens, S., Shuttlesworth, D., & White, C. (2012). Philip G. Zimbardo on his career and the 40th anniversary of the Stanford Prison Experiment. *History of Psychology*, 15, pp.161-170. <https://doi.org/10.1037/A0025884>.
- Enrique B. Arranz-Freijo & Florencia Barreto-Zarza (2021) The contributions of Alfred Adler (1870-1937) to the understanding of early childhood development, *Early Child Development and Care*, 191:p.7-8, 1133-1143, DOI: 10.1080/03004430.2020.1851215

- Erich Fromm (2017), *Escape from Freedom*, Say Publications.
- Felipe Vilanova, Francielle Machado Beria, Ângelo Brandelli Costa & Silvia Helena Koller | Justin Hackett (Reviewing Editor) (2017) Deindividuation: From Le Bon to the social identity model of deindividuation effects, *Cogent Psychology*, 4:1, DOI: 10.1080/23311908.2017.1308104
- Festinger, L. (1957). *A theory of cognitive dissonance*. Stanford, California: Stanford University Press
- Giddens, A. (1999). *The Construction of Society: The Main Lines of the Theory of Structuring*. (Translated by H. Özel). Ankara: Bilim ve Sanat Yayınları.
- Gross, M., Canetti, D., & Vashdi, D. (2016). The psychological impact of cyberterrorism. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 72, pp.284 - 291. <https://doi.org/10.1080/00963402.2016.1216502>.
- Hogg, M., Hohman, Z., & Rivera, J. (2008). Why do people join groups? Three motivational accounts from social psychology. *Social and Personality Psychology Compass*, 2, pp.1269-1280. <https://doi.org/10.1111/J.1751-9004.2008.00099.X>.
- Kohlberg, Lawrence (1963). "Moral Development and Identification," *Child Psychology, The Sixty-second Yearbook of the National Society for the Study of Education* (ed. H. W. Stevenson), Chicago, pp. 277-330.
- Manuel Castells (2013) "The Rise of the Network Society", (3rd edition), Istanbul Bilgi University Publications, Istanbul, p.26.
- Marks, S. (1974). Durkheim's theory of anomie. *American Journal of Sociology*, 80, pp.329 - 363. <https://doi.org/10.1086/225803>,
- McNally, R. & Wheale, P. (2020). Biopatenting and Innovation: Contemporary Nomads and a New Global Order. *Nature, Risk and Responsibility*. https://doi.org/10.1007/978-1-349-27241-9_11.
- Navajas, J., Heduan, F., Garrido, J., González, P., Garbulsky, G., Ariely, D., & Sigman, M. (2019). Reaching consensus in polarized moral debates. *Current Biology*, p. 29, 4124-4129.e6. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.10.018>.
- Polyakov, V. & Starodubtseva, M. (2019). Factors influencing motivation for terrorist activities being implemented with the use of information technologies in transboundary regions. *Proceedings of the International Conference on Sustainable Development of Cross-Border Regions: Economic, Social and Security Challenges (ICSDCBR 2019)*. <https://doi.org/10.2991/icsdcb-19.2019.40>.
- Sabillon, Regner & Cano M., Jeimy & Serra-Ruiz, Jordi & Cavaller, Víctor. (2016). *Cybercrime and Cybercriminals: A Comprehensive Study*. *International Journal of Computer Networks and Communications Security*. 4. 165-176..
- Shadach, E., Geller, S., Barak, M., Hill, I., & Azani, E. (2021). A psychological typology of terror organizations. *Aggression and Violent Behavior*, 58, 101562. <https://doi.org/10.1016/J.AVB.2021.101562>.
- Sykes, Gresham M. - Matza, David (1957), "Techniques of Neutralization: A Theory of Delinquency", *American Sociological Review*, Vol.22, No: 6, pp. 664-670,
- Ş.Sağıroğlu and B.Arslan (2019), "Fighting with Cyber Terror and Terrorism: Threats and Precautions," in *Fighting with Cyber Terror and Terrorism: Threats and Precautions*," 4th International Conference on Computer Science and Engineering, UBMK 2019,Samsun, Turkey, pp.239-244)

- Tajfel H. and Turner, J. C. (1979). An Integrative Theory of Intergroup Conflict. In *The Social Psychology of Intergroup Relations*, pp.33-47. Brooks-Cole: California,
- Venue, C.. (2012) *A guide to computer hacking including vulnerabilities, hacking tools, cybercrime, hacker ethics such as White Hat, Black Hat, Grey Hat, and more.* [United States]: [Webster's Digital Services].
- Vilic Vida (2017). *Dark Web, Cyber Terrorism And Cyber Warfare: Dark Side Of The Cyberspace.*
- Weber, M. (2005). *Bureaucracy and Authority.* (trans. H. B. Akın). Ankara: Address Publications.
- Yalom Irvin D. (2018) *Group Psychotherapy Theory and Practice.* Pegasus Publications. Translator: Prof. Dr. Ataman Tangör, Uzm. Dr. Özgür Karaçam.
- Yüceer, Y. E. (2018). *Erving Goffman & Dramaturgy in the context of cinema and social interaction* (Master's thesis, Pamukkale University Institute of Social Sciences).
- Zimbardo, Philip G. (1969). "The Human Choice: Individuation, Reason, and Order Versus Deindividuation, Impulse, and Chaos", *Nebraska Symposium on Motivation*, 17, p. 237-307.
- Zimbardo, Philip G. (2004). "A Situationist Perspective on the Psychology of Evil: Understanding How Good People Are Transformed into Perpetrators", *The Social Psychology of Good and Evil*, Ed. Arthur G. Miller, New York, London, , pp.21-50.

Kriminal Görüşmelerde Sözsüz Davranış Analizi ve Sözsüz Davranış Eğitim Programı

Ahmet Metin*

Öz: Kriminal görüşmelerde önemli hususlardan birisi sorguya alınan kişiden edinilen bilgilerdir. Bu bilgiler sözlü olduğu kadar sözsüz olarak da elde edilebilir. Bu öyküsel derlemenin amacı kriminal görüşmelerde sözsüz davranış analizi yapılırken dikkat edilmesi gerekenleri genel hatlarıyla ele almaktır. Bu bağlamda sözsüz davranışları analiz etmenin temel ilkeleri ayrıntılarıyla tartışılmış ve sorgulamalardaki rolü vurgulanmıştır. Bu hususlara değinilirken sözsüz davranışların alt boyutları yüz ifadeleri, ses, jestler ve diğer beden hareketleri olarak kategorilendirilmiş ve açıklanmıştır. Dahası, yalan söyleyen şahısların nasıl bir profile sahip olduğu ele alınmıştır. Son olarak, kriminal görüşmeye katılan meslek elemanlarının sözsüz davranışlara ilişkin becerilerini geliştirmeye yönelik Sözsüz Davranış Eğitimi Programı önerilmiştir. Bu programın, ilgili meslek elemanlarının soruşturma işlemlerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar sözcükler: kriminal görüşme, sözsüz davranış analizi, sözsüz davranış eğitimi programı.

* Araştırma Görevlisi Doktor, Erciyes Üniversitesi, ametin@erciyes.edu.tr, ORCID No.: 0000-0001-6519-2523, Not: Bu çalışma yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

Nonverbal Behavior Analysis in Criminal Interrogation

Ahmet Metin*

Abstract: One of the important issues in criminal interrogations is the information obtained from the person being interrogated. It can be obtained verbally as well as non-verbally. This narrative review aims to discuss in general terms the things to consider when analyzing nonverbal behavior in criminal interrogations. In this context, the basic principles of analyzing nonverbal behaviors are discussed in detail, and their role in interrogations is emphasized. While addressing these issues, the sub-dimensions of nonverbal behaviors are categorized and explained as facial expressions, voice, gestures, and other body movements. Moreover, the profile of people who lie is presented considering the information in meta-analysis studies. Finally, a Nonverbal Behavior Training Program has been proposed to improve the nonverbal behavior skills of professionals participating in criminal interrogations. In this way, it is thought that relevant professional staff will contribute to the investigation process.

Keywords: criminal interrogation, nonverbal behavior analysis, nonverbal behavior training program.

* Research Assistant Ph.D., Erciyes University, ametin@erciyes.edu.tr, ORCID No.: 0000-0001-6519-2523

Giriş

İnsan davranışına anlam vermek psikolojinin temel araştırma konularından biridir. Konuya açıklık getirmek için birçok kuram ileri sürülmektedir. Davranışın oluşmasına neden olan faktörlerden birisinin bilindişi süreçler olduğunu ileri süren psikanalitik kurama göre (Freud, 1920) insanın farkında olduğu davranışlardan öte farkında olmadığı davranışlarına odaklanılması gerektiği vurgulanmaktadır. Bilişsel kuramda, davranışın güdüleyicilerinin temelde bilişsel süreçler olduğu ve algının önemi ifade edilmektedir (Beck, 1979). Öte yandan hümanistik kuramda davranışın güdüleyicilerinin insanların ihtiyaçlarına göre şekillendiği belirtilmektedir (Maslow, 1958). Dolayısıyla insan davranışına anlam vermek, biyopsikososyal bir varlık olan insanın yaşamdaki amaçlarından biridir.

Davranış, sözlü ve sözsüz davranış olarak iki boyutta incelenebilir. Sözlü davranış, sözlü anlamla ilişkili iletişimken; sözsüz davranış anlamdan bağımsız her türlü davranışlardır (DePaulo ve Friedman, 1998; Knapp vd., 2013; Matsumoto vd., 2020). Sözsüz davranışlar yüz ifadeleri, ses, jestler ve diğer beden hareketleri gibi başlıklarda ele alınmaktadır (Knapp vd, 2013; Matsumoto vd., 2020). Sözsüz davranışlara ilişkin yapılan araştırmaların çoğu duygularla ilişkilidir (Dalili vd., 2015; Douglas, 2010; Ekman, 2007; Izard, 1977; Tomkins, 1962). Duygu “refahımız için önemi olan ve hızlı eylem gerektiren olaylara verilen kısa süreli/geçici biyopsikososyal tepkilerdir”(Matsumoto ve Hwang, 2020). Duygular kısa sürelidir ve temel amaçlarından birisi adaptasyonu kolaylaştırmaktır (Goldsmith, 1994).

Duygular insan yaşamında önemli bir role sahiptir. İnsanların amaçları ve niyetleri hakkında bilgi vermektedir (Matsumoto ve Hwang, 2020). Davranış analizinde dikkat edilen noktalardan birisi bireylerin hangi duyguyu ne zaman yaşadıklarını saptamaktır. Duyguların evrensel olması nedeniyle bu bilgi önemlidir.

Davranış Analizi

İnsan davranışını analiz etmek yüzyıllardır merak konusu olsa da bu için sistematik bir şekilde yürütülmesi davranışçı kuramcılarının görüşleriyle ortaya çıkmıştır (Watson, 1913). Davranış analizinde davranışın ortaya çıktığı koşullar, davranışı neyin tetiklediği, nasıl oluştuğu, davranış sırasında ve sonrasında neler olduğu, kişinin hangi stratejileri nasıl kullandığı gibi konular ele alınmaktadır (Abramowitz vd., 2019). Davranış analizi birçok disiplinde kullanılan bir yöntemdir. Özellikle kriminoloji (Inbau vd., 2015) alanında sıklıkla kullanılmaktadır. Sorgulama, ifade alma, tanık, zanlı, şüphelilerle görüşme sırasında ve diğer birçok durumda kişilerden elde edilecek bilgiler önemlidir. Bu alan sadece kriminolojiyi değil, psikolojiyi de kapsamaktadır. Bir bireyin davranışlarını analiz etmede psikoloji disiplindeki birçok yöntemden yararlanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan davranış analizinin temeli Olasılık Kuramına dayanmaktadır. Bu görüşe göre bir

gözlemin gelecek zamandaki durumuna yönelik tahminlerde bulunulması esastır (Mellor, 2005). Başka bir ifadeyle, eldeki verilerle davranışa yönelik çıkarımlar yapma işlemidir. Tümdengelim ve tümevarım yöntemleri bu noktada yararlanılan yöntemlerin başında gelmektedir. Tümdengelim akıl yürütmesinde bütünden parçalara gidilirken; tümevarımda parçalardan bütüne ulaşılmaya çalışılır (Turvey, 2011). Diğer bir deyişle, tümdengelimde genelden özele inilirken; tümevarımda özelden genele doğru bir sıra vardır. Araştırmacılar olay yeri inceleme, şahısları dinleme ve olaya yönelik her türlü veri toplamada her iki yöntemin de kullanılmasının önemini vurgulamaktadırlar (Rubtcova vd., 2017).

Kriminoloji alanında davranış analizi yapılırken sözlü ifadelerle, paradilsel ve sözsüz kanallara dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Inbau vd., 2015). Başka bir ifadeyle, davranış analizi yapılırken sözlü ve sözsüz verilerin birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir. Bu açıdan davranış analizinin belirli ilkelere göre yürütülmesi gerekir. Bu ilkeler Inbau vd. (2015) tarafından şu şekilde sıralanmaktadır:

- *“Doğru ya da yanılmayla ilişkili spesifik davranışlar yoktur.*
- *İletişimin üç kanalı eşzamanlı olarak değerlendirilmelidir.*
- *Gözlenen kişinin sözlü mesajı bağlamında paradilsel ve sözsüz davranışları değerlendirilmelidir.*
- *Görüşme boyunca ortaya çıkan davranışların sıklığı ve baskınlığı değerlendirilmelidir.*
- *Normal davranış paternleri belirlenmelidir (referans noktası belirlenmelidir).”*

Bu ilkelere ilki *“doğru ya da yanılmayla ilişkili spesifik davranışlar yoktur.”* ilkesidir. Özellikle bilimsel olmayan bazı görüşler yalan söyleyen insanların belirli davranışlar sergilediğini belirtse de dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan birisi yalan ya da doğru ifadeyi gösteren belirli bir davranışın olmadığıdır. Örneğin, bir sorguda şüpheli gözlerini soruşturmacıdan kaçırdığında bu durumun yalan ya da yanılmaya davranışı olarak değerlendirilmemesi gerekir. Doğru bir davranış analizinde yapılması gereken, şüphelinin gözlerini kaçırdığı andan hemen önce ne olduğu, hangi olası değişkenlerin bu davranışa sebebiyet vermiş olabileceğinin değerlendirilmesidir. Başka bir deyişle, bu gözlem (gözlerin soruşturmacıdan kaçırılması) not edilmeli ve önyargıyla değerlendirilmemelidir. Nitekim görüşme sırasında şahsın herhangi bir hareketi birçok anlama gelebilir. Yine örnekten devam edilecek olursa, şüpheli yalan söylediği için gözlerini kaçırmış olma ihtimaline ek olarak, o an soruşturmacıdan gelen bir soru üzerine bir sözcüğün şüphelinin zihninde belirli bir anıyı canlandırmış olma ihtimali de vardır. Bir başka ihtimal de şüphelinin göz kontağı kurmayla ilgili bir sorun yaşıyor olabileceğidir. Amerikan Psikiyatri Birliği (APA) tarafından hazırlanan Ruhsal Bozuklukların Tanısal Sayımsal El Kitabı'na (DSM-5-TR) göre; sosyal fobi gibi bir-

çok psikopatolojik bozuktuk ele alınırken gerçekleştirilen klinik muayenede Göz teması kurmakla ilgili bir değerlendirmenin yapılması gerektiği belirtilmektedir. Ek olarak, aynı davranış farklı ortamlarda farklı anlamlara gelebilir. Örneğin, kolları bağlamak bazı koşullarda kişinin savunmaya geçeceğini bildirirken, bazı koşullarda odaklanmak için yapılmış bir davranış olabilir. Dolayısıyla bir yargıya varmadan önce davranışa sebep olduğu düşünülen faktörlerin belirlenmesi son derece önemlidir. Bu nedenle, davranış analizi ile ilgili kurulacak her hipotezin test edilmesi ve kendi içerisinde bir değerlendirme yapılması gerekir.

İkinci ilke “*iletişimin üç kanalı eşzamanlı olarak değerlendirilmelidir.*” görüşüdür. Bu ilkeyle vurgulanmak istenen kriminal görüşmede şahsın sadece sözlü ya da sözsüz ifadelerine değil her ikisine de önem verilmesi ve birlikte değerlendirilmesidir. Örneğin, soruşturmacı sadece sorduğu sorulara yanıt almaya odaklanmış ve şahsın sözsüz davranışlarını gözlemlemeye yeterince önem vermemişse bu durum şahıs ya da konuyla ilgili veri kaybına yol açabilir. Öte yandan, soruşturmacı şahsın sadece sözsüz davranışlarına dikkat edip doğru sorular sormayı ihmal ederse bu durum da önemli sorunlara yol açabilir. Dolayısıyla kriminal görüşmede şahsın hem sözlü hem de sözsüz ifadeleri eşit ağırlıkta değerlendirilmelidir.

Üçüncü ilke “*gözlenen kişinin sözlü mesajı bağlamında paradoksal ve sözsüz davranışları değerlendirilmelidir.*” ilkesidir. Burada en önemli unsur şahsın verdiği bilgilerin sözlü anlamın sözsüz boyutlar bağlamında incelenmesidir. Örneğin, sorgu esnasında şahsın ifadeleri değerlendirilirken ifadenin nasıl bir ses tonuyla verildiği, konuşma hızı, beden duruşu, bakışlar gibi sözsüz diğer boyutların gözlenmesi gerekir.

Dördüncü ilke “*görüşme boyunca ortaya çıkan davranışların sıklığı ve baskınlığı değerlendirilmelidir.*” ilkesidir. Doğru ya da yanlış ifadenin spesifik bir belirtisinin olmadığına birinci ilkede değinilmişti. Bu ilkenin birinci ilkeyle bağlantısı benzer hususlara dayanmaktadır. Doğru ya da yanlış beyanın tek bir davranışla ölçülmek istenmesi çeşitli hatalara neden olabilmektedir. Bu nedenle şahsın sorgulanmasında standart tepkilerinin dışındaki herhangi bir tepkisi not edilmeli ve bu davranışların başka hangi koşullarda ortaya çıktığı belirlenmelidir. Böylece bir davranış örüntüsü ortaya çıkar ve bu bulgu soruşturmacı tarafından anlamlı bir hale gelir. Örneğin, sorguda ortalama bir hızda konuşan şahsın soruşturmacının bir sorusu üzerine konuşma hızını artırdığı bir durumda, soruşturmacı benzer konuyla ilgili sorularını ilerleyen dakikalarda tekrar sorup, benzer tepkileri bu sorduğu sorulardan sonra da alıyorsa bu bulgu anlamlıdır. Böylece şahsın belirli bir davranışın sıklığını tespit etmiş olacaktır. Başka bir örnek verilmesi gerekirse, soruşturmacının sorusuna şahsın normalden yoğun bir şekilde tepki göstermesi de not edilmesi gereken bir nokta olabilir.

Son ilke ise “*normal davranış paternleri belirlenmelidir (referans noktası belirlenmelidir).*” ilkesidir. Soruşturmacının kriminal bir görüşmede şahsın normal davranışlarını anlaması gerekir. Bunun için yapması gerekenlerin başında şahsın sorulara ne kadar bir sürede tepki verdiği, konuşma hızı, duraksamaları, ses per-

desi ve ses tonundaki artış veya azalışlar, genel olarak beden duruşu, bakışlar, jestleri kullanma sıklığı gibi faktörler gelmektedir. Şahsın genel olarak ortalama davranış paternleri belirlendiğinde yapılması gereken husus, şahsın normalden gösterdiği sapmaların hangi koşullarda ve ne sıklıkla olduğunun saptanmasıdır. Bu bulgular şahsın ifadesinin doğruluğu ya da yanlışlığıyla ilgili bilgi verebilir.

Toparlanacak olursa davranış analizi basit birkaç işlemde ibaret değildir. Analist, her bir gözlemi not ederek veri haline getirmeli ve temel bilimsel yöntemlerle bu verilerin analizini yapmalıdır. Bunları yaparken gözlediği kişinin saçından ayaklarına kadar gördüğü her şeye dikkat etmelidir. Özellikle sorular yönelttiğinde şahsın sözlü ve sözsüz tepkilerini bütüncül olarak değerlendirmeli ve veriler toplandıktan sonra hipotezler kurabilmelidir. Bu konularla ilgili detaylı bilgiler ilerleyen satırlarda açıklanmaktadır.

Davranış Analizinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Gözlem

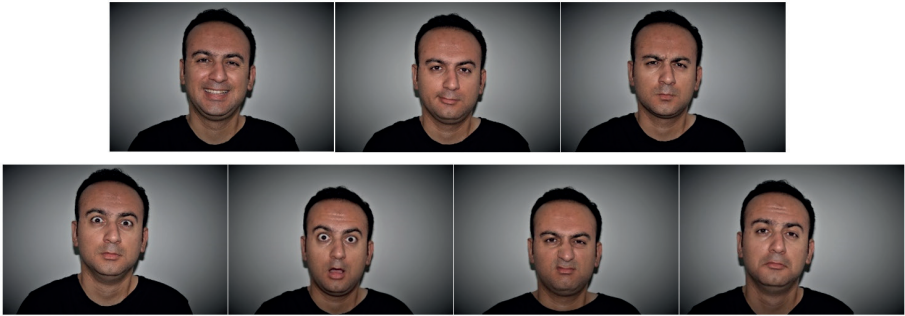
Davranış analizi, şahısla ilk karşılaşmayla başlamaktadır. Soruşturmacı görüşme öncesinde şahısla ilgili hazırlıklar yapabilir. Şahsın temel bilgilerini edinmiş olarak görüşmeye katılabilir. Bu bilgiler gözlem sırasında önyargıya sebebiyet vermeden kullanılabilirse etkili olur. Soruşturmacı şahısla ilgili herhangi bir bilgiye sahip değilse görüşmeyi titizlikle yürütebilme becerisine sahip olmalıdır. Başka bir deyişle, soruşturmacının temel sorgu tekniklerine ek olarak, şahısla nasıl bir görüşme yürüteceği, hangi bilgilerin ne kadarının kullanılacağı gibi ileri düzey tekniklere de sahip olması önem arz eder. Bütün bunlar soruşturmacıyla ilgili faktörlerdir. Şahsın gözlenmesiyle ilgili faktörlere gelince şahıstan alınan her türlü bilgi veri toplanması açısından kıymetlidir. Kişinin saç, aksesuar kullanıp kullanmadığı, bakışları, kıyafeti, ses tonu, vurgulamaları, konuşmasının akışı, ağırlıklı olarak hangi duygu ifadelerini nasıl gösterdiği, jestleri kullanma sıklığı gibi faktörler nesnel bir şekilde toplanmalıdır. Davranışın sözsüz boyutları ise üç boyutta değerlendirilmektedir (Shea, 2017): Proksemi, beden dili ve paradilsel boyutlar.

Proksemi boyutuyla kastedilen bireylerin birbirlerine olan mesafeleridir. Bu durum iletişimdeki kişilerin birbirlerini etkileme durumlarını da kapsamaktadır. Örneğin, insanlar özel alanlarına girilmesini istemezler. Bu alanlar Hall (1966: 117) tarafından şu şekilde açıklanmaktadır:

- Mahrem alan (0-46 cm)
- Kişisel alan (46-120 cm)
- Sosyal alan (120-366 cm)
- Toplumsal (kamusal) alan (366 cm ve daha uzak aralık)

Soruşturmacıyla şahıs arasında genelde aralarında bir masa olacak kadar uzaklık bulunur. Ancak dikkat edilmesi gereken bir başka husus gürüşmenin nerede ve nasıl gerçekteştiğidir. Bazı durumlarda kişiler arası mesafeler iletişimdeki kişilerin seçtiği ortamlara göre değişebilir. Örneğin, sorgulanmak üzere alınan bir şahsın alan hakimiyeti ile tanık olarak olay yerinde dinlenen şahsın alan hakimiyet algıları arasında farklılıklar vardır. Başka bir ifadeyle, bir kişi sorgu odasına geldiğindeki kişiler arası mesafeyle olay yerindeki kişiler arası mesafesi farklı olabilir. Dolayısıyla gözlem, koşullar dikkate alınarak yapılmalıdır. Koşulların göz ardı edildiği bir gözlemden elde edilecek veriler sınırlı olacaktır.

Beden dili boyutuyla kastedilen her türlü beden hareketleri, yüz ifadeleri, duruş gibi unsurlardır. Beden diliyle ilgili bilimsel çalışmalar incelendiğinde, doğuştan ve sonradan öğrenilen davranışlar olarak iki kategoride incelendiği görülmektedir (Knapp vd., 2013). Özellikle yüz ifadeleriyle ilgili çalışmalar duygularla ilgili doğrudan veri sağlamaktadır. Sözsüz davranış analizinde duyguları tanımanın önemli bir yeri vardır. Bu durumun gerekçelerinden biri duyguların evrensel olduğuna ilişkin önemli kanıtların olmasıdır. 1800'lü yılların sonlarında ileri sürülen görüşe göre yüz ifadelerinde görülen duyguların evrensel olduğu belirtilmektedir (Darwin, 1872). 1900'lü yılların ortalarında yapılan çalışmalarda bu görüşü destekler kanıtlara ulaşıldığı görülmektedir (Ekman vd., 1969; Ekman, 1971, Ekman ve Friesen, 1971; Matsumoto ve Ekman, 2004; Matsumoto ve Willingham, 2009; Tomkins, 1962). Diğer bir deyişle, dünyanın herhangi bir yerindeki bireyler incelendiğinde, gösterdikleri duygu ifadeleri benzer şekildedir. Örneğin, tiksinden bir kişinin yüz ifadesinde kültürden bağımsız olarak burun kırışıklığı hareketi görülmür. Evrensel duygu ifadeleri şunlardır: Mutluluk, öfke, tikslenme, korku, şaşkınlık, üzüntü ve aşağlama. Bu ifadeler şekil 1.'de görülmektedir.



şekil 1. Evrensel Duygu İfadeleri¹

şekil 1.'de görülen duygu ifadeleri bütün kültürlerde benzer yüz hareketleriyle görülmektedir. Kültür, bu ifadelerinin yüzde kalma süresini ve yüz kaslarının kasılma düzeylerini etkilemektedir. Ekman (1971) tarafından yapılan araştırmada, Amerikalı ve Japon katılımcıların şekil 1.'deki duygu ifadelerini gösterdiğini

ancak Japon katılımcıların bu ifadeleri Amerikan katılımcılara kıyasla yüz ifadelerinde daha az süreyle gösterdiğini bulmuştur. Bu araştırma sonucu duygu ifadelerinin evrenselliğini ancak duyguların yüzdeki süresinin kültürden etkilebileceğini göstermektedir. Toplumumuzda da bazı kültürden bireylerin duygu ifadelerini göstermede daha az baskılandığı bazı kültürler de ise daha çok baskılandığı görülebilmektedir.

Yüz ifadelerindeki duyguları analiz edebilmek için yüzün üç bölgesindeki kasların gözlenmesi gerekmektedir. Ekman ve Friesen (1975) tarafından ileri sürülen yaklaşıma göre yüzün analiz edilmesindeki üç bölge Şekil 2.'de görülmektedir.



Şekil 2. Yüzdeki Üç Bölge

Birinci bölge alın ve kaşların olduğu aralıktır. İkinci bölge, üst göz kapaklarının dahil olduğu ve burnu kapsayan bölgedir. Üçüncü bölge ise burnun bitiminden çeneye kadar olan kısımdır. Yüzün bu bölgelere ayrılmasının sebeplerinden birisi yüz kaslarını hareket ettiren kısımların üç farklı bölgede yer almasıdır (Ekman ve Friesen, 1975).

Evrensel bir dil olan duyguların tanınması sözsüz davranış analizi açısından önemlidir. Nitekim duygu ifadeleri bireylerin amaçlarını gösterebilir. Yüz ifadelerinde görülen duygular bazen bir saniyeden uzun sürede gözlenebilirken bazen de saliseler içerisinde olup biter. Bu duygu ifadelerinin türleri şunlardır: Makro ifadeler, mikro ifadeler, gizil ifadeler ve kısmi ifadeler (Matsumoto ve Hwang, 2020: 37).

- *Makro ifadeler:* Duygunun yüzün bütün bölgelerinde 0,5 – 4,0 saniye aralığında oluşmasıdır. Bu ifadeler gündelik yaşamda kolaylıkla tanınabilen ifadelerdir.

¹ Not: Soldan sağa sırasıyla mutluluk, aşağılama, öfke, korku, şaşkınlık, tikslenme ve üzüntü

- *Mikro ifadeler.* Duygunun yüzün bütün bölgelerinde 0,5 saniyeden daha kısa sürede oluşmasıdır (Haggard ve Isaacs, 1966; Ekman ve Friesen, 1969a). Başka bir deyişle duygu ifadesinin bir saniyeden az bir sürede görülmesidir. Gündelik yaşamda bu ifadelerin kolaylıkla tanınması zordur.
- *Gizil ifadeler.* Duygunun yüzün bütün bölgelerinde 0,5 saniyeden daha kısa sürede düşük yoğunluklu oluşmasıdır. Örneğin, tiksirmede burun kırışıklığı görülür. Bu kırışıklığın yoğunluğunun düşük olmasıdır. Önceki ifadelerde bu kırışıklık yoğun bir şekilde oluşmaktadır. Mikro ifadeler gibi bu ifadelerin de tanınması zordur.
- *Kısmi ifadeler.* Duygunun yüzün bazı bölgelerinde 0,5 saniyeden daha kısa sürede düşük yoğunluklu oluşmasıdır. Örneğin, üzüntü ifadesinde kaşların iç kısmı kalkar ve dudak kenarları geri çekilir. Kısmi bir üzüntü ifadesi olduğunda sadece kaştaki hareket veya dudaktaki hareket gözlenebilir. Kısmi ifadeler en zor tanınan ifadeler kategorisinde yer almaktadır.

Yüz ifadelerini okumak kişinin yalan söyleyip söylemediği hakkında önemli bilgiler sağlayabilir. Özellikle gizil ve kısmi ifadelerin yalanın tespitinde önemli olduğu ifade edilmektedir (Warren vd., 2009; Porter ve ten Brinke, 2008). Araştırmalarda yalan söyleyen bireylerin olumsuz duyguları bir saniyeden kısa bir sürede yüz ifadelerinde gösterebileceği belirtilmektedir (Porter ve ten Brinke, 2008). Bu nedenle özellikle kriminal görüşmelerde soruşturmacının duygu ifadelerini tanıma becerisine sahip olması soruşturmanın seyrini olumlu yönde etkileyebilir.

Bedenin diğer unsurları olan jestler ve diğer beden hareketlerinin analizi de soruşturmacının dikkat etmesi gereken noktalar arasında yer almaktadır. Jestler; el, baş ve yüzde görülen hareketlerdir (Matsumoto ve Hwang, 2013). Jestlerin temel amacı sözlü anlamı iletme (Matsumoto ve Hwang, 2013). Başka bir ifadeyle, insanlar sözlü iletişime geçerken jestlerden yararlanırlar. Bu nedenle kişinin jestleri ne sıklıkta kullandığı onun kültürü ve öğrenmeleri hakkında fikir verebilir. Yapılan bir araştırmada jestlerin kullanılmamasının konuşmanın akıcılığını olumsuz etkilediği bulunmuştur (Rimé, 1982).

Jestler, konuşmadan bağımsız ve konuşma sırasında oluşan jestler olarak iki kategoride incelenmektedir (Knapp vd., 2013). Konuşmadan bağımsız jestler, genelde kültüre özgüdür ve literatürde semboller olarak bilinmektedir (Ekman ve Friesen, 1974). Örneğin, “her şey yolunda” anlamına gelen başparmağın kaldırılması işareti konuşmaya gerek kalmadan gösterilir ve karşı tarafa ilgili mesaj gönderilir. Konuşma sırasında oluşan jestler ise konuşmayla ilgili jestlerdir. Bu jestlerin kullanım amaçlarından biri sözlü anlamı açıklamak ve/veya vurgulamaktır. Örneğin, “tam da bu nokta bizim için önemli” diyen birisinin bu ifadeyi dile getirirken işaret parmağını göstermesi gibi.

Davranış analizinde jestlerin nasıl oluştuğu, hangi koşullarda kullanımı arttığı ya da azaldığı gibi hususlar değerlendirilir. Bu nedenle jestlerin sıklığını etkileyen faktörler davranış analizinde önemlidir. Bu faktörler Tablo 1’de görülmektedir (Knapp vd., 2013; Akt., Metin, 2023).

Tablo 1. Jestlerin Sıklığını Etkileyen Faktörler

Faktörler	Açıklama
Görünür temas	Etkileşim yüz yüze olduğunda jestlerin kullanım sıklığı artmaktadır. Öte yandan telefon görüşmesi gibi görsel temasın mümkün olmadığı durumlarda jestlerde azalma olabilir.
Konuşmacının konuşmaya istekli olması	İletişimde tarafların konuya dâhil olmak ve paylaşımda bulunmak istemesi jestlerin oluşmasını arttırabilmektedir.
Konuşma zor veya karmaşık olduğunda	Konuşmacı anlattığı konunun zor olması durumunda daha çok jest kullanabilmektedir. Çünkü konuşmacı dinleyiciye konuyu doğru aktarma kaygısı taşıdığı için yeterli sözcük bulamayabilir. Bu nedenle jestlerden daha çok yararlanmak isteyebilir.
Konuşmaya hâkim olmaya çalışma	İletişim sırasında konuşmaya hâkim olmak isteyen konuşmacılar daha çok jest kullanabilir.
Konuşmanın içeriği	Betimlenmesi gereken konularla ilgili bir konuşma olduğunda jestleri kullanma artabilmektedir.
İletişimdeki kişilerin bilişsel becerileri	İletişimdeki kişilerin bilişsel durumları ve becerileri de jestleri etkilemektedir. Bazı insanlar bu durumlarından ötürü jestleri daha sık kullanabilmektedirler.
Kültür	Bazı kültürlerde jestlerin sık kullanımı kabalık olarak algılanabilmektedir. Bazı toplumlarda ise jestleri kullanmak teşvik edilmektedir.
Konuşulan konunun zihinsel görüntüsü	Bireyler konuştuğu konu ya da bilginin zihinsel görüntüsüne sahipse bu durum onların jest yapmalarını kolaylaştırmaktadır.

Bu faktörler soruşturmacının kişinin davranışlarını analiz etme noktasında önemlidir. Örneğin, soruşturmacı zanlıya “*dün 22.30’da neredeydin ve ne yapıyordun?*” sorusunu sorduğunda, zanlıların gerçekleri ifade ettikleri durumlarda konuşmaya daha istekli oldukları gibi jest kullanımları da artmaktadır. Yapılan araştırmalar kişinin sorulara kısa cevaplar vermesi ve ayrıntılardan yoksun ifadeleri, onun yalan söylediğine bir işaret olabileceğini göstermektedir (Zuckerman vd., 1981). Dolayısıyla soruşturmacının davranış analizini yaparken bilimsel aşamaları titizlikle uygulaması gerekir. Aksi takdirde yeterince veri olmadan yapılan analizler kişi hakkında olumsuz değerlendirmelere ve soruşturmanın seyrinin olumsuz etkilenmesine neden olabilir.

Son olarak paradösel boyutla sesle ilgili faktörler ifade edilmektedir. Bu faktörler sırasıyla aşağıda açıklanmaktadır (Frank vd., 2015; Frank vd., 2020):

- “*Ses perdesi*. Sesin kalınlık ve incelik derecesidir.
- *Ses yüksekliği*. Ses tonunu ifade etmektedir. Başka bir deyişle sesin yüksek tonda ya da alçak tonda olmasıdır. Örneğin, üzüntüde ses tonunda azalış meydana gelir.
- *Tını*. Sesin kalitesidir.
- *Konuşma hızı*. Belirli bir sürede ortaya çıkan sözcük sayısıdır.
- *Tepki uzunluğu*. Konuşularak geçiren süredir.
- *Konuşmanın gecikmesi*. Konuşmaya yanıt verilene kadar geçen süredir.
- *Duraksamalar*. Konuşma sırasında sözcükler arasında geçen süredir.
- *Konuşma hataları*. Dil sürçmeleri, hatalı konuşmanın başlaması gibi yapılan hatalardır.”

Soruşturmacı görüştüğu kişinin ifadelerine sözsüz boyut bağlamında da dikkat etmek durumundadır. Örneğin, soruşturmacı şahsın konuşma hızı örüntüsünü saptadığını varsayalım. şahsın sorulara cevap verme hızındaki değişiklik muhakkak not edilmeli ve bunun sebepleri araştırılmalıdır. DePaulo vd. (2003) tarafından yapılan araştırmada kişinin soruya cevap verme süresini uzatmasının onun bilişsel yük altında olduğuna işaret ettiği bulunmuştur. Diğer bir deyişle, kişinin tepki süresinin uzaması soru üzerine düşündüğünü gösteriyor olabilir.

Referans Noktası (Baseline) Oluşturmak

Davranış analizinde önerilen yaklaşımlardan birisi bireyin normal davranışlarını anlamaktır (Foley ve Gentile, 2010). Örneğin, bir kişinin genel duruğu, hangi sözcüklerle iletişime geçtiği, konuşma hızı, tepki ve düşünme süresi, jestleri kullanım sıklığı, yüz ifadesinde hâkim olan duygular gibi davranışlardır. Bu davranışların ortalamasına hâkim olmak özellikle soruşturmacı açısından önemlidir. Kriminal bir görüşmede ortalama bu davranışlardan sapmalar akla şu soruları getirebilir: “Bu sapma neden oldu?”, “Bu değişikliklere neden olan tetikleyici nedir?” Böylece davranış analizi ilerlemeye başlar. Bu tetikleyiciler içsel ve dışsal olabilir. Bazen kişi, ortamda herhangi bir fiziksel tetikleyici yokken bir anda yüz ifadesi değişebilir veya konuşma hızı yavaşlayabilir. Bu duruma travma, olumlu/olumsuz anılar, düşünceler veya imajlar gibi faktörler neden olabilir. Dolayısıyla bireylerin gözleminde görünen faktörlerin yanında görünmeyen faktörler de dikkate alınmalıdır.

Referans noktası (baseline) oluşturmak kişi hakkında bilgiler verebilir. Ancak bu sapmaların bağlamdan bağımsız bir şekilde değerlendirilmemesi gerekir. Bağlam dikkate alınmadan yapılan herhangi bir gözlem ciddi sorunlara neden olabilir.

Sözlü ve Sözsüz Davranışlar Arasındaki İlişkiyi İncelemek

Daha önce de ifade edildiği gibi davranış analizinde dikkat edilmesi gereken noktalardan birisi şahsın sözlü ifadeleri bağlamında sözsüz davranışların incelenmesi gerekliliğidir. Normal şartlar altında yapılan bir görüşmede kişinin sözlü ve sözsüz davranışlarının uyumlu olması beklenir. Diğer bir ifadeyle, kişinin hissettikleri sözlü ve sözsüz belirtilerden anlaşılır. Örneğin, soruşturma sırasında şüphelinin öfkelenildiğini varsayalım. Öfkenin tipik belirtileri arasında ses tonunda yükselme, kaşların çatılması, tünel bakışı, dudakların açılması ya da büzüşmesi vardır. Örnekteki şüphelinin gerçek hissini korku olduğunu varsayalım ve sahte bir öfke ifadesiyle bu duygusunu dışa vurduğunu düşünelim. Bu durumda öfkenin tipik belirtilerinden bazıları gözlenmeyebilir. Üst göz kapaklarının gerilmesi korkunun tipik belirtilerinden birisidir. Eğer ki bu ifade öfkeli dışavurumda gözlenirse o zaman sözlü ve sözsüz tepkileri arasındaki bir tutarsızlıktan söz edilebilir. Bu gözlem soruşturmacı açısından anlamlı bir bulgudur. Sözlü ve sözsüz davranış arasındaki ilişkileri Ekman ve Friesen (1969b) şu şekilde sınıflandırmaktadır:

- *“Tekrarlama.* Sözlü ifadenin sözsüz davranışlarla desteklenmesidir.
- *Çelişki.* Sözlü ve sözsüz davranış arasındaki tutarsızlıktır.
- *Tamamlama.* Sözlü ve sözsüz davranışların anlam açısından birbirini tamamlamasıdır.
- *Yerini alma.* Sözsüz davranışların sözlü mesajın yerini almasıdır.
- *Vurgulama/yönetme.* Sözlü ifadenin sözsüz davranışlarla vurgulanmasıdır.
- *Düzenleme.* İletişimdeki kişilerin kendi ya da partnerlerinin sözsüz davranışlarıyla uyumlu olması durumudur.”

Bağlam

Bağlam iletişimin gerçekleştiği koşullardan ibarettir. Bu koşulları iletişimdeki bireylerin psikolojik durumları, ortamdaki nesnelere, ortamın sessizliği gibi birçok faktör etkiler. Bağlam bu faktörlerin bütünüdür denilebilir. Davranış analizinde dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biri de bağlam faktörüdür. Nitekim bir davranışın bağlamdan bağımsız değerlendirilmesi farklı anlaşılmalara sebebiyet verebilir (Mendolia vd., 2022). Örneğin, iki yakın arkadaşın kafe ortamındaki davranışlarıyla sınıf ortamındaki davranışlarında farklılaşmalar görülür. Kafe ve sınıf ortamı, bu ortamdaki kişilerin varlığı, ortamdaki diğer uyarıcılar, nesnelere gibi unsurlar alguların farklılaşmasına dolayısıyla davranışların da değişiklik göstermesine neden olur. İki yakın arkadaş örneğindeki bağlamlar yok sayılıp davranışların analiz edilmesi söz konusu olamaz. Bir başka örnek medya programlarında görülebilmektedir. Örneğin, bir siyasetçinin yarım saatlik

konusmasındaki bir cümlesi alınarak bağlamdan kopuk olarak servis edilmesi, izleyenlerin kendi algılarına göre yorum yapıp değerlendirmelerine sebebiyet verebilmektedir. Böylece propaganda işlemi gerçekleşmiş olur. Dolayısıyla davranış analizi yapılırken davranışın ortaya çıktığı koşullar dikkate alınmalıdır.

Yanılıcı Davranışlar

Yalan söyleme veya yanıltma kriminal görüşmede dikkat edilen hususlardan biridir. Kriminal görüşmede şüpheli, zanlı veya tanığın doğru ya da yanlış ifadeleri soruşturmanın seyrini şüphesiz etkilemektedir. Literatür incelendiğinde, araştırma konularının genel olarak kişinin neden yalan söylediği, yalan söyleyen bireylerin profilleri, hangi davranışların yalanla ilişkili olduğu gibi unsurlara odaklanıldığı görülmektedir (DePaulo vd., 2003; Ekman ve Friesen, 1975; Hurley ve Frank, 2011). Yalan söyleyen ya da yanıltıcı davranışlar sergileyen bireylerin profillerinin nasıl olduğunu açıklamaya çalışan 120 araştırmanın meta-analizinin yapıldığı çalışmada (DePaulo vd., 2003) bu bireylerin profilleri şu şekilde ifade edilmektedir:

- İfadelerinin detaydan yoksun olması ve kısa cevap vermeleri daha olasıdır. Ek olarak, daha yavaş konuşma hızını tercih ederler ve soruya verilen cevap süresi genellikle uzundur.
- Anlatılan olay örgülerini ayrıntılarıyla anlatmaktan kaçınma eğilimi gösterirler. Çünkü ayrıntılar ne kadar artarsa yalanın açığa çıkma ihtimali de artmaktadır. Bu nedenle ifadeleri genellikle tekrara düşer. Başka bir ifadeyle, benzer cümleler kurmaları olasıdır. Sanki olayın içinde değilmiş gibi anlatma eğilimi gösterirler. Dolayısıyla konuşmaları akıcılıktan yoksundur. Bu belirtilere jestlerdeki azalmalar da eşlik edebilir.
- Olayı anlatırken anlık düzeltme yapma ve hatırlayamadıklarını kabul etme olasılıkları düşüktür.
- Olumsuz izlenim bırakma ihtimalleri yüksektir. İşbirliğine kapalıdırlar ya da işbirliği sınırlı düzeydedir. Olumsuz duygu ve ifadeleri daha fazla kullanırlar. Ek olarak, saldırgan bir dil kullanımı, daha çok şikâyet etme ve daha az gülümseme ihtimalleri yüksektir. Bu nedenle savunmacı görünmeleri daha olasıdır.
- Daha gergin olma ihtimalleri yüksek olduğundan ses perdesi ve tonu yüksektir. Göz kırpma davranışında azalmalar görülebilir ve göz bebeği genişlemesi daha uzun süreli olabilir.

Bu davranış örüntülerinin yalan söyleyen bir kişide görülme ihtimali yüksek olsa da araştırmalar bu davranışsal ipuçlarının tek başına ele alınmasının gözlemciyi yanıltabileceğini göstermektedir (Hartwig ve Bond, 2011). Başka bir ifadeyle, yalan konusunda bağımlı değişken insan olduğu için karıştırıcı birçok değişken olabilir. Bu nedenle davranış analizi yapılırken hipotezler gözlemlerden elde edilen verilere göre kurulmalı ve bu hipotezler titizlikle test edilmelidir.

Her ne kadar yalanı gösteren spesifik bir davranış olmasa da bazı davranışlardaki değişikliklere dikkat edilmesi gerektiği belirtilmektedir. Özellikle bireylerin olumsuz duyguları gizlediği zamandaki gülümsemelerinde tikslenme, korku, aşağılama ya da üzüntü ifadelerini içerdiği bulunmuştur (Ekman vd., 1988). Bu ifadeler kısa süreli ifadelerdir. En fazla yarım saniye kadar sürer ve biter. Dolayısıyla soruşturmacının kısa süreli ifadeleri (mikro, gizil ve kısmi ifadeler) tanıma becerisine sahip olması beklenir.

Toplumda yalan söyleme konusunda yaygın yanlış görüşlerden birisi de yalan söyleyenlerin gözlerini kaçırdığıdır. Araştırmalarda bu ifadenin doğruluğuyla ilgili yeterli veriye ulaşılamadığı anlaşılmaktadır (Knapp vd., 2013). Nitekim bazı koşullarda yalan söyleyen kişiler yalanına inandırıcılık düzeyini ölçmek için daha fazla göz kontağı kurabilirler. Dolayısıyla davranış analizinde klişeleşmiş bilgilere yer verilmemesi ve bu konuda dikkatli olunması gerekir.

Meslek Elemanlarının Eğitimi

İnsan ilişkileri gerektiren herhangi bir durumda sözlü ve sözsüz davranışlara dikkat edilmesi gerekir. Özellikle insan psikolojisini anlama çabasında olan meslek grupları için bu durum önemlidir. Örneğin, psikoterapi ortamında danışanla görüşme yapan ruh sağlığı uzmanı danışanın söylediklerinin yanı sıra söyleyemediği ya da farkında olmadığı tarafı da görmek durumundadır. Bu nedenle ruh sağlığı uzmanları danışanın sadece söyledikleriyle yetinmez aynı zamanda danışanın sözsüz tepkilerini de dikkate alarak hipotezler kurar. Benzer husus kriminal görüşme için de söz konusudur. Uzmanın, sorguya ya da görüşmeye katılan kişinin sözlü ve sözsüz davranışlarını sistematik bir şekilde gözlemesi, hipotezler kurması ve bu hipotezleri test edip davranış analizi etmesi elzemdir. Böylece sorgu ya da görüşmeden elde edilen bilgilerden fayda sağlanmış olur. Bu bağlamda meslek elemanlarının davranış analizi becerilerinin geliştirilmesi amacıyla Sözsüz Davranış Eğitim Programı (SÖDEP) önerilmektedir. SÖDEP'e ilişkin bilgiler Tablo 2.'de yer almaktadır.

Tablo 2. Sözsüz Davranış Eğitim Programı (SÖDEP)

Modül (Kuramsal Eğitim)	<ul style="list-style-type: none"> • Sözsüz iletişim bilimine giriş • Duygular ve nörobiyolojisi • Yüz ifadelerindeki duygular • Göz hareketleri ve bakış • Ses • Jestler ve beden hareketleri • Dokunma davranışı • Çevrenin algılanması • Kişiler arası fiziksel uzaklık • Psikolojik danışmada sözsüz davranışlar ve davranış analizi
Modül (Beceri Eğitimi)	<ul style="list-style-type: none"> • Gözlem becerisi • İfadeleri tanıma becerisi
Modül (Yorumlama Eğitimi)	<ul style="list-style-type: none"> • Hipotezler kurma • Hipotezleri test etme

Bu eğitimin modülleri kısaca açıklanacak olursa, ilk modül teorik bilgilerin aktarıldığı modüldür. Sözsüz davranışlara ilişkin detaylı bilgilerin yer aldığı bu modülün hedefi katılımcıların sözsüz davranışlara ilişkin bilgi düzeyini arttırmaktır. İkinci modülde birinci modülün temelinde gözlem becerilerinin artırılması hedeflenmektedir. Başka bir ifadeyle, katılımcıların duygu ifadelerini ve kısa süreli ifadeleri tanıma becerilerinin geliştirildiği modüldür. Üçüncü modülde ise katılımcıların kuramsal bilgiler ışığında ve kısa süreli ifadeleri tanıma becerisini kazanmış bireyler olarak hipotezler kurma ve hipotezleri test etme becerilerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Eğitim yaklaşık 50 ders saati sürmektedir. Eğitimin temel hedeflerinden birisi gözlenen kişinin sözlü ve sözsüz davranışlarından yola çıkarak ne söylediğini ya da neyi söyleyemediği veya gizlediğini anlamaya çalışmaktır. Tablo 2.'de eğitimin ruh sağlığı çalışanları için geliştirilmiş bir versiyonu bulunmaktadır. Benzer bir eğitim programı, uzmanlık programı, öznel değişiklikler yapılarak kolluk görevlileri için de geliştirilebilir..

Sonuç

Sorgulamalara katılan görevlilerin sözsüz davranışları gözleme ve yorumlama becerilerinin geliştirilmesi, bilgi alma ve soruşturmaya katkı sağlama açısından önemlidir. Araştırmalar sözsüz davranışları okuyabilme becerisinin eğitimlerle geliştirilebileceğini göstermektedir (Endres ve Laidlaw, 2009; Hurley, 2011; Hurley vd., 2014; Kemeny vd., 2011; Marsh vd., 2010; Matsumoto ve Hwang, 2011; McDonald vd., 2018; Metin, 2023; Metin ve Doğan, in press; Russell vd., 2006). Türk kültürüne uygun Metin (2023) tarafından geliştirilen Sözsüz Davranış Eğitim Programı (SÖDEP) bu ihtiyaca yönelik bir program niteliği taşımaktadır. Bu program Türkiye’de sözsüz davranışları okuyabilme becerisini kazandırmayı hedefleyen en kapsamlı programlardan biridir. SÖDEP’in etkililiği psikolojik danışmanlarla yürütülen çalışmalarda ortaya konulmuştur. Hem pilot hem de ana çalışmalarda SÖDEP, psikolojik danışmanların duygu ifadelerini ve kısa süreli ifadeleri tanıma becerisini ve sözsüz davranışlara ilişkin bilgi düzeylerini artırdığı görülmektedir (Metin, 2023; Metin ve Doğan, in press). SÖDEP’in yeni versiyonları polis, asker ve istihbarat görevlilerin ihtiyaçlarına yönelik olarak geliştirilmelidir.

Sonuç olarak, insan davranışını gözlemek ve analiz etmek dikkatli olmayı ve olabildiğince veri toplamayı kapsar. Kriminoloji ve psikoloji alanlarındaki çalışmalar görevlilerin işlerini kolaylaştırmasına aracılık etmeyi hedeflemektedir. Böylece, kolluk görevlilerin eğitimlerine katkı sağlanabilir. Özellikle kültüre duyarlı eğitim programlarının geliştirilmesiyle her toplumun kendine özgü unsurları dikkate alınmalıdır.

Kaynakça

- Abramowitz, J. S., Deacon, B. J., ve Whiteside, S. P. H. (2019). *Exposure therapy for anxiety: Principles and practice* (2nd ed.). The Guilford Press.
- Beck, A. T. (Ed.). (1979). *Cognitive therapy of depression*. Guilford press.
- Dalili, M. N., Penton-Voak, I. S., Harmer, C. J., ve Munafo, M. R. (2015). Meta-analysis of emotion recognition deficits in major depressive disorder. *Psychological Medicine*, 45(6), 1135–1144. <https://doi.org/10.1017/S0033291714002591>
- Darwin, C., Ekman, P., ve Prodger, P. (1998). *The expression of the emotions in man and animals*. Oxford University Press, USA. (Kitabın orijinal basımı 1872 yılında yapılmıştır).
- Depaulo, B. M., ve Friedman, H. S. (1998). Nonverbal communication. In D. T. Gilbert, S. T. Fiske, ve G. Lindzey (Eds.), *The handbook of social psychology* (pp. 3–40). McGraw-Hill.
- DePaulo, B. M., Lindsay, J. J., Malone, B. E., Muhlenbruck, L., Charlton, K., ve Cooper, H. (2003). Cues to deception. *Psychological Bulletin*, 129(1), 74–118. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.129.1.74>
- Douglas, K., ve Porter, R. (2010). Recognition of disgusted facial expressions in severe depression. *British Journal of Psychiatry*, 197(2), 156-157. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.110.078113>
- DSM-V. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-V. Arlington, VA.
- Ekman, P. (1965). Differential communication of affect by head and body cues. *Journal of Personality and Social Psychology*, 2(5), 726–735. <https://doi.org/10.1037/h0022736>
- Ekman, P. (1971). Universals and cultural differences in facial expressions of emotion. *Nebraska in Symposium on Motivation*. University of Nebraska Press.
- Ekman, P. (2007). *Emotions revealed: Recognizing faces and feelings to improve communication and emotional life*. (2nd ed.). Macmillan.
- Ekman, P., ve Friesen, W. V. (1969). Nonverbal leakage and clues to deception. *Psychiatry*, 32(1), 88–106. <https://doi.org/10.1080/00332747.1969.11023575>
- Ekman, P., ve Friesen, W. V. (1969a). Nonverbal leakage and clues to deception. *Psychiatry*, 32(1), 88–106. <https://doi.org/10.1080/00332747.1969.11023575>
- Ekman, P., ve Friesen, W. V. (1969b). The repertoire of nonverbal behavior: Categories, origins, usage, and coding. *Semiotica*, 1(1), 49-98. <https://doi.org/10.1515/semi.1969.1.1.49>
- Ekman, P., ve Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17(2), 124–129. <https://doi.org/10.1037/h0030377>
- Ekman, P., ve Friesen, W. V. (1974). Nonverbal behavior and psychopathology. *The psychology of depression: Contemporary Theory and Research*, 3-31. <https://www.paulekman.com/wp-content/uploads/2013/07/Nonverbal-Behavior-And-Psychopathology.pdf>
- Ekman, P., ve Friesen, W. V. (1975). *Unmasking the face: A guide to recognizing emotions from facial clues*. Prentice-Hall.
- Ekman, P., Friesen, W. V., ve Hager, J. C. (2002). FACS manual. *A Human Face*.

- Ekman, P., Friesen, W. V., ve O'Sullivan, M. (1988). Smiles when lying. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(3), 414–420. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.54.3.414>
- Foley, G. N., ve Gentile, J. P. (2010). Nonverbal communication in psychotherapy. *Psychiatry (Edgmont)*, 7(6), 38.
- Frank, E. M., Maroulis, A., ve Griffin, D. J. (2020). *Ses. Sözsüz iletişim: Bilim ve uygulamaları* içinde. (Çev. Ed., Tuzgöl-Dost, M. ve Metin, A.). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Frank, M. G., Griffin, D. J., Svetieva, E., ve Maroulis, A. (2015). Nonverbal elements of the voice. In A. Kostić ve D. Chadee (Eds.), *The social psychology of nonverbal communication* (pp. 92–113). Palgrave Macmillan/Springer Nature.
- Freud, S. (1920). *A general introduction to psychoanalysis*. Boni and Liveright.
- Goldsmith, H. H. (1994). Parsing the emotional domain from a developmental perspective. In Ekman ve Davidson (Ed.) *The nature of emotion: Fundamental questions*, (pp. 68–73). Oxford University Press.
- Haggard E.A., ve Isaacs K.S. (1966). Micromomentary facial expressions as indicators of ego mechanisms in psychotherapy. In: *Methods of Research in Psychotherapy*. The Century Psychology Series. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6045-2_14
- Hall, E. T. (1966). *The hidden dimension* (Vol. 609). Garden City, NY: Doubleday.
- Hartwig, M., ve Bond, C. F., Jr. (2011). Why do lie-catchers fail? A lens model meta-analysis of human lie judgments. *Psychological Bulletin*, 137(4), 643–659. <https://doi.org/10.1037/a0023589>
- Hurley, C. M., ve Frank, M. G. (2011). Executing facial control during deception situations. *Journal of Nonverbal Behavior*, 35(2), 119–131. <https://doi.org/10.1007/s10919-010-0102-1>
- Hurley, C. M., Anker, A. E., Frank, M. G., Matsumoto, D., ve Hwang, H. C. (2014). Background factors predicting accuracy and improvement in micro expression recognition. *Motivation and Emotion*, 38(5), 700–714. <https://doi.org/10.1007/s11031-014-9410-9>
- Inbau, F., Reid, J., Buckley, J., ve Jayne, B. (2015). *Criminal interrogation and confessions*. (2nd. ed.) Jones ve Bartlett Publishers.
- Izard, C. E. (1977). *Human emotions*. New York: Plenum Press.
- Kemeny, M. E., Foltz, C., Cavanagh, J. F., Cullen, M., Giese-Davis, J., Jennings, P., Rosenberg, E. L., Gillath, O., Shaver, P. R., Wallace, B. A., ve Ekman, P. (2012). Contemplative/emotion training reduces negative emotional behavior and promotes prosocial responses. *Emotion*, 12(2), 338–350. <https://doi.org/10.1037/a0026118>
- Knapp, M. L., Hall, J. A., ve Horgan, T. G. (2013). *Nonverbal communication in human interaction*. (8th. ed.). Cengage Learning.
- Marsh, P. J., Green, M. J., Russell, T. A., McGuire, J., Harris, A., ve Coltheart, M. (2010). Remediation of facial emotion recognition in schizophrenia: Functional predictors, generalizability, and durability. *American Journal of Psychiatric Rehabilitation*, 13(2), 143–170. <https://doi.org/10.1080/15487761003757066>
- Maslow, A. H. (1958). A Dynamic Theory of Human Motivation. In C. L. Stacey ve M. DeMartino (Eds.), *Understanding human motivation* (pp. 26–47). Howard Allen Publishers. <https://doi.org/10.1037/11305-004>

- Matsumoto, D., ve Ekman, P. (2004). The relationship among expressions, labels, and descriptions of contempt. *Journal of Personality and Social Psychology*, 87(4), 529–540. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.87.4.529>
- Matsumoto, D., ve Hwang, H. C. (2013). Cultural similarities and differences in emblematic gestures. *Journal of Nonverbal Behavior*, 37, 1–27. <https://doi.org/10.1007/s10919-012-0143-8>
- Matsumoto, D., ve Hwang, H. S. (2011). Evidence for training the ability to read microexpressions of emotion. *Motivation and Emotion*, 35(2), 181–191. <https://doi.org/10.1007/s11031-011-9212-2>
- Matsumoto, D., ve Hwang, H. S. (2020). Yüz ifadeleri. *Sözsüz iletişim: Bilim ve uygulamaları* içinde. (Çev. Ed., Tuzgöl-Dost, M. ve Metin, A.). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Matsumoto, D., ve Willingham, B. (2009). Spontaneous facial expressions of emotion of congenitally and noncongenitally blind individuals. *Journal of Personality and Social Psychology*, 96(1), 1–10. <https://doi.org/10.1037/a0014037>
- McDonald, K., Newby-Clark, I. R., Walker, J., ve Henselwood, K. (2018). It is written all over your face: Socially rejected people display microexpressions that are detectable after training in the Micro Expression Training Tool (METT). *European Journal of Social Psychology*, 48(2), O175–O181. <https://doi.org/10.1002/ejsp.2301>
- Mellor, D. H. (2005). *Probability: A philosophical introduction*. Psychology Press.
- Mendolia, M. (2022). Type of task instruction enhances the role of face and context in emotion perception. *Journal of Nonverbal Behavior*, 46(1), 99–114. <https://doi.org/10.1007/s10919-021-00383-1>
- Metin, A. (2023). *Psikolojik danışmanların alet çantasını geliştirmek: Sözsüz Davranış Eğitimi Programı (SÖDEP)*. Yayınlanmamış doktora tezi. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Metin, A. ve Doğan, T. (in press). Nonverbal Behavior Training Program: A Pilot Study on Counselors. *Bartın University Journal of Faculty of Education*.
- Porter, S., ve ten Brinke, L. (2008). Reading between the lies: Identifying concealed and falsified emotions in universal facial expressions. *Psychological Science*, 19(5), 508–514. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02116.x>
- Rimé, B. (1982). The elimination of visible behaviour from social interactions: Effects on verbal, nonverbal and interpersonal variables. *European Journal of Social Psychology*, 12(2), 113–129. <https://doi.org/10.1002/ejsp.2420120201>
- Rubtcova, M., Pavenkov, O., ve Pavenkov, V. (2017). *Deductive and Inductive Methods of Crime Scene Investigation*. Proceedings of the Applied Research in Crime and Justice Conference, Dockside Function Centre, Darling Harbour, Sydney, 15-16 February 2017, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2920823>
- Russell, T. A., Chu, E., ve Phillips, M. L. (2006). A pilot study to investigate the effectiveness of emotion recognition remediation in schizophrenia using the micro-expression training tool. *British Journal of Clinical Psychology*, 45(4), 579–583. <https://doi.org/10.1348/014466505X90866>
- Shea, S. C. (2017). *Psychiatric interviewing: The art of understanding*. (3rd. ed.). W. B. Saunders Co/Harcourt Brace Jo.
- Tomkins, S. S. (1962). *Affect, Imagery, Consciousness*. New York: Springer.

- Turvey, B. E. (2011). *Criminal profiling: An introduction to behavioral evidence analysis*. (4th. ed.) Academic Press.
- Warren, G., Schertler, E., ve Bull, P. (2009). Detecting deception from emotional and unemotional cues. *Journal of Nonverbal Behavior*, 33(1), 59–69. <https://doi.org/10.1007/s10919-008-0057-7>
- Watson, J. B. (1913). Psychology as the behaviorist views it. *Psychological Review*, 20(2), 158–177. <https://doi.org/10.1037/h0074428>
- Zuckerman, M., Koestner, R., ve Driver, R. (1981). Beliefs about cues associated with deception. *Journal of Nonverbal Behavior*, 6(2), 105–114. <https://doi.org/10.1007/BF00987286>

Adli Bilimlerde DNA Metilasyonları Kullanılarak Bireysel Yaş Tahmini

Kenan Yanar* Sedef Aksungur**

Öz: Kimliklendirmenin sağlanmasında yaş tahmini oldukça önemlidir. Yaş tahmini genellikle iskelet ve diş kalıntılarının incelendiği antropolojik ve odontolojik çalışmalarla gerçekleştirilir. Dişlerin sürme safhaları, kafatası süturları kaynaşma safhaları, kaburga kemiklerinin sternal uçları gibi belirli tipte ve sınırlı sayıda kalıntıların incelendiği çalışmaların ciddi sınırlılıkları vardır. Bu sınırlılıklar ise yaşlanma boyunca kademeli değişim gösteren biyomoleküllerin incelendiği moleküler mekanizmaların araştırılmasıyla giderilmiştir. Bunlar; mitokondriyal DNA delesyonlarının, telomer kısaltmalarının, ileri glikasyon son ürünlerinin (AGEs), aspartik asit rase-mizasyonunun (AAR) ve sTRECsin (kandaki T-lenfosit hücre DNA'larının yeniden düzenlenmesiyle oluşan spesifik DNA'ların) incelendiği yöntemlerdir. Bu yöntemlerinde belirli tipteki örneklere uygulanabilmesi, bağışıklığı etkileyen durumlarda hatalı sonuçlara neden olması ve uygulanışında karşılaşılan diğer teknik problemler nedeniyle ciddi sınırlılıkları mevcuttur. Diğer alanlarda, metilasyon temelli yaş tahmin algoritmalarının geliştirildiğini rapor eden çalışmalar adli bilimlerde DNA metilasyonlarının kullanımına dikkatleri çekmiştir. Bell ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada kişinin metilasyon profilinin zamanla değiştiği ve bunun yaş tahmininde kullanılabileceği belirtilmiştir. Gelişmeleri takiben yapılan alışmalar DNA metilasyonlarının olay yerinde karşılaşılabilecek hemen hemen her dokuda, yüksek doğrulukta yaş tahmini yapmaya olanak sağladığını belirtmiştir. Bu derlemede adli bilimler alanında DNA metilasyonları kullanılarak gerçekleştirilmiş çalışmalar hakkında bilgi vererek çeşitli yaş tahmin algoritmalarının geliştirilmesine yönelik çalışmalara katkı olmak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yaş Tahmini, DNA Metilasyonu, Yaş- spesifik CpG

* Öğretim Görevlisi, Beytepe Jandarma Meslek Yüksek Okulu Müdürlüğü, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Disiplinlerarası Adli Bilimler Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi Adli Bilimler Enstitüsü Kriminalistik Anabilim Dalı Dr.Öğr. kenanyanar@jandarma.gov.tr.<http://orcid.org/0000-0003-4020-0309>

** J.Asb.vş. Balıkesir İl Jandarma Komutanlığı, sedefaksungur@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-4917-6037>

Individual Age Estimation Using DNA Methylation in Forensic Science

Abstract: Age estimation is very important in providing forensic identification. Age estimation is usually made by anthropological and odontological studies examining skeletal and dental remains. Studies examining certain types and a limited number of remains, such as eruption stages of teeth, fusion stages of skull sutures, and sternal ends of rib bones, have serious limitations. These limitations were overcome by investigating the molecular mechanisms of biomolecules that show gradual changes during aging. These include; mitochondrial DNA deletions, telomere shortening, advanced glycation end products (AGEs), aspartic acid racemization (AAR) and sjTREC_s (specific DNAs formed by rearrangement of T-lymphocyte cell DNAs in the blood). These methods have serious limitations as they can be applied to certain types of samples, cause incorrect results in cases affecting immunity, and other technical problems in their application. Studies reporting the development of methylation-based age estimation algorithms in other fields have drawn attention to the use of DNA methylations in forensic science. In the study conducted by Bell et al. (2014), it was stated that the methylation profile of a person changes over time, and this can be used in age estimation. Studies carried out following the developments stated that DNA methylations allow high-accuracy age estimation in almost every tissue that can be encountered at the crime scene. This review, it aims to contribute to the development of various age estimation algorithms by giving information about the studies carried out using DNA methylations in the field of forensic sciences.

Key Words: Age Estimation, DNA Methylation, Age-dependent CpG

Giriş

Adli bilimlerde olay yerindeki kalıntıların incelenerek bireylerin kimliklendirilmesinin sağlandığı çalışmalar için, bireyin yaş tahminini yapabilmek son derece önemlidir. Bugüne kadar olay yerinde rastlanılan çeşitli kalıntılardan yaş tahmini yapabilmek için kullanılabilen, farklı yöntemler geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntemlerin çoğu iskelet ve diş kalıntılarının morfolojik analizlerine dayalı antropolojik ve odontolojik incelemelerin yapıldığı yöntemlerdir. İskelet kalıntılarından; kafatası süturlarının kaynaşma safhalarının, uzun kemiklerin epifiz kaynaşma safhalarının, kaburga kemiğinin sternal ucunun, pubik simfizisin, coxa kemiğinin auricular yüzeylerinin incelendiği yöntemler ve bunların birkaçının birlikte kullanıldığı kompozit yöntem yaş tahmini yapmaya imkân veren antropolojik yöntemlerdir (eker, 2018).

Odontolojik yöntemler ise insanların ‹yok olmayan kimlikleri› olarak nitelendirilen temel işlevi besinlerin mekanik sindirimini sağlamak olan dişlerin incelendiği yöntemlerdir (Sağır, 2013). Yaş tahmini yapmak amacıyla kullanılan odontolojik yöntemler genellikle dişlerde zamanla meydana gelen gelişimsel ve dejeneratif değişikliklerin incelendiği yöntemlerdir (Sağır, 2013). Yaş tahminleri genellikle çocuklarda geçici ve sürekli dişlerin gelişim aşamalarının ve sürme zamanlarının, erişkinlerde ise sürekli dişlerde meydana gelen morfolojik ve biyokimyasal değişimlerin incelenmesi ile iki ana döneme ayrılarak yapılmaktadır (Akay vd., 2018). Bu incelemelerde diş formasyonu ve sürmesi, diş tacının yapısal artışı, sekonder dentin tortulanmasının ve kökte dentin sertleşmesi olarak bilinen kök transparanlığının incelendiği pulpa-dentin kompleksi, dişin kimyasal bileşimi, dişin özgül ağırlığı, sement kalınlığı, dental aşınma, diş rengi ve dental dokuların flüoresanlığına yönelik belirlemeler yapılarak yaş tahmini mümkün olmaktadır (Yılmaz, 2014). Yaş tahminine olanak sağlayan bu yöntemler genellikle araştırmacıların adıyla adlandırılmıştır (eker, 2018). Logan ve Kronfeld, Schour ve Massler, Gleiser ve Hunt, Nolla, Demirjian, Goldstein ve Tanner olarak ifade edilen, geliştirilen bazı yöntemlere ait isimlerdir. (Sağır, 2013). Geliştirilen her yöntemin kendi içinde avantajı olmakla beraber sınırlılıkları da mevcuttur. Hem antropolojik hem odontolojik yöntemlerin başlıca sınırlılıkları ise sadece belirli tipte ve sınırlı sayıdaki kalıntılarda çalışılabilmesi, radyasyon analizleri gibi canlı bireylerde zararlı olabilecek teknik uygulamalar içermesi ve olay yerinde karşılaşılan tükürük, vajinal sıvı, meni gibi diğer birçok dokudan belirleme yapmaya imkân vermemesidir (Freire-Aradas vd., 2017). Bu nedenle araştırmacılar mevcut sınırlılıkların giderilmesi amacıyla morfolojiden ziyade yaşlanmayla ilişkilendirdikleri moleküler mekanizmaları inceleyerek moleküler yaklaşımların uygunluğunu araştırmışlardır.

Meisner ve Ritz-Timme (2010) tarafından yapılan çalışmada yaşlanmanın doku ve organlarda ömür boyu biriken birtakım değişikliklere neden olduğu belirtilerek, yaşlanmayla ilişkili bulunan moleküler mekanizmaların yaş tahminlerinde

kullanılabileceği belirtilmiştir (Freire-Aradas vd., 2017). Moleküler mekanizmaları içeren yöntemler, temelde biyomoleküllerin yaşlanma süreci boyunca gösterdiği kademeli değişimlerin belirlenmesiyle yaş tahminine olanak sağlar.

Metilasyon Temelli Yaş Tahmin Çalışmaları

Geliştirilen moleküler yöntemlerde 5 farklı biyomolekülün değişim miktarları incelenerek yaş tahmini yapıldığı belirtilmiştir. Bunlar; mitokondriyal DNA delesyonlarının, telomer kısalmalarının, ileri glikasyon son ürünlerinin (AGEs), aspartik asit rasemizasyonunun (AAR) ve signal-joint T-cell Receptor Excision Circles (sjTRECcs) T hücrelerinin incelendiği yöntemlerdir (Freire-Aradas vd., 2017; Hong vd., 2019; Shi vd., 2018; Xin vd., 2019). Bu yöntemlerden mitokondriyal DNA, telomer ve T hücrelerin incelendiği yöntemler DNA bazlı iken glikasyon son ürünlerinin ve aspartik asit rasemizasyonunun incelendiği yöntemler protein bazlıdır. Bu yöntemlerin hepsinin özel kullanım alanları ve kullanımını kısıtlayan sınırlılıkları mevcuttur.

ATP üretimi için gerekli olan glikoz ve lipid oksidasyonunun serbest radikal salınımıyla mitokondriyal DNA dizilerinde delesyonlara neden olarak hasar oluşturdukları bilinmektedir (Freire-Aradas vd., 2017; Koch ve Wagner, 2011). Yapılan çalışmalarda mitokondriyal DNA dizilerindeki delesyon miktarlarının yaşla birlikte artış gösterdiği ve bu nedenle yaş tahminlerinde kullanılabileceğinin düşünüldüğü belirtilmiştir (Freire-Aradas vd., 2017; Parson 2018). Sonraki yapılan çalışmalarda ise yaş tahmini sağlayabilecek 4977 nükleotid delesyonu keşfedildiği belirtilmiştir. Bu metodun kullanımında karşılaşılan teknik problemler ve güvenli yaş aralıklarının belirlenebilmesi için yaşları 20'nin altında ve 70'in üstündeki bireylerde çalışmalara ihtiyaç duyulması gibi nedenlerden dolayı adli bilimlerde kullanımı engellenmektedir (Freire-Aradas vd., 2017).

Kromozom uçlarında bulunan TTAGGG tekrar dizilerinden oluşan her mitotik hücre bölünmesinde telomeraz enzim aktivitesiyle kısalan telomerlerin yapısındaki değişikliklerin belirlenmesiyle yaş tahmini yapılabileceği öne sürülmüştür. Bu sürecin yaşa bağlı etkisini kaybettiği belirtilerek telomer kısalmasında mitokondriyal DNA delesyonlarında olduğu gibi teknik nedenlerden dolayı kullanımı uygun görülmemektedir (Freire-Aradas vd., 2017).

Aspartik asit rasemizasyonu ise hata oranı ± 3 yıl olacak şekilde en doğru yaş tahmini sağlayan metottur (Freire-Aradas vd., 2017). Rasemizasyon L ve D enantiomerlerinin birbirine dönüşümüyle gerçekleşen kimyasal bir süreçtir.

Yaşlanmayla beraber artış gösteren D-aspartik asit miktarının kromotografik ölçümlerle belirlendiği bu yöntemin özellikle dentin tabakasına uygulanabileceği belirtilmektedir (Akay, 2018). Yüksek doğruluk sağlamasına rağmen bu yöntemin oldukça zarar verici olduğu ve bu nedenle geniş ölçekli uygulamalara olanak vermediği belirtilmektedir.

Zubakov vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada kandan yaş tahminlerinde doğru ve güvenilir sonuçlar verdiği belirtilen sjTREC's yönteminin kullanımı nelirmiştir (Gunn vd., 2014 ; Vidaki ve Kayser 2013). SjTREC yöntemi, kandaki T-lenfosit hücre DNA'larının yeniden düzenlenmesiyle oluşan spesifik DNA'ların incelendiği yöntemdir. Kişinin yaşamı boyunca yaşa bağlı olarak sjTREC miktarlarında düşüş yaşandığı bilinmektedir. Hata oranı yaklaşık ± 9 yıla ortalama bir tahmin imknı sağlamasına rağmen bu yöntemin sadece kan örneklerine uygulanabilmesi ve bağışıklık sistemini etkileyen hastalıkların tahmin doğruluğunu değiştirebilmesi gibi nedenlerden dolayı kullanımı kısıtlanmaktadır (Freire-Aradas vd., 2017; Parson 2018).

Adli bilimler dışındaki alanlarda yapılan çalışmalarda genom boyu metilasyon analizleriyle belirlenen CpG bölgelerini içeren, çeşitli veri kümelerinde validasyonu yapılmış çeşitli yaş tahmin algoritmaları rapor edilmiştir (Park vd., 2016). Ulaşılan bu sonuçlar adli bilimlerde yaş tahminlerinde mevcut yöntemlerin sınırlılıklarını giderebilecek diğer bir moleküler mekanizma olan DNA metilasyonlarının kullanımına dikkatleri çekmiştir. Bell ve ark. tarafından yapılan çalışmada kişinin metilasyon profilinin zamanla değiştiği ve bunun yaş tahmininde kullanılabilceği belirtilmiştir (Grskovic vd., 2013). Yapılan çalışmalarda dokularda yaşlanmaya bağlı olarak DNMT1 metiltransferazın ilerleyen etki kaybıyla global DNA metilasyonları azalırken bağı spesifik genlerde yaşa bağlı hipermetilasyonların arttığı belirtilmiştir (Freire-Aradas vd., 2017; Parson, 2018; Yi vd., 2014). Yaşanan bu gelişmelerle birlikte yaş tahminine olanak sağlayan CpG bölgeleri ve bu bölgelerin metilasyon profillerinin araştırıldığı çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çeşitli çalışmalar yaşla-ilişkili CpG bölgelerini içeren DNA metilasyon markerlarının yetişkinlerde iyi derecede yaş tahminine olanak sağladığını belirtmiştir (Shi vd., 2018).

Koch ve Wagner (2011) tarafından yapılan çalışmada "HumanMethylation27 BeadChip" tekniğiyle dermis, epidermis, servikal smear, T hücre ve monosit kümelerinde "Pavlidis Template Matching" tekniğiyle yaşlanma boyunca sürekli hipermetile olan 19 CpG bölgesi belirlenmiştir. Bu lokuslardan hipermetile olan NPTX2, TRIM58, GRIA2 ve KCNQ1DN dört lokusu ve hipometile olan bir diğer BIRC4BP lokusunu içeren donör yaşını belirlemede kullanılacak bir model geliştirilmiştir (Grskovic vd.,2013; Kader ve Ghai vd., 2015; Lee vd., 2016; Vidaki vd., 2013; Koch ve Wagner, 2014).

Geliştirilen bu model validasyonun sağlanması için çeşitli hücre ve dokulardan oluşan birbirinden bağımsız 8 veri kümesinde araştırılmıştır (Koch ve Wagner, 2014; Parson, 2018).

Bütün dokularda (tükürükteki/lökositler ve bukkal epiteller, periferik kandaki/lökositler, kordon kanı ve periferik kandaki/CD³⁴HPC, periferik kandaki/lenfositler, kordon kanındaki/CB MNC, periferik kandan/kanın tümü, meme organından/meme doku, tükürükten bukkal epitel hücreler) 5 CpG bölgesindeki, DNA metilasyonlarının yaşa bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirtilmiştir (Koch ve

Wagner, 2014). Tahmin edilen yaş ve gerçek kronolojik yaş arasında yaklaşık 11 yıllık farklılık bulunmuş olup bu tekniğin çeşitli hücreler içeren örneklerden yaş belirlemede kullanılabileceği belirtilmiştir. Doğruluk tahmininde karşılaşılan fark büyük olmasına rağmen 2011 yılında yapılan bu çalışma diğer birçok çalışmaya temel oluşturmuş dikkatleri bu konu üzerine çekerek öncü olma niteliği taşımaktadır (Koch ve Wagner, 2014; Parson, 2018).

Bockland vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada EDARADD (Edar-Associated Death Domain), TOM1L1 ve NPTX2 (Neuronal Pentraxin II) lokuslarının promotorları incelenerek ve yalnızca 2 CpG bölgesinin tükürük örneklerinde $\pm 5,2$ yıl tahmin doğruluğuyla kullanılabileceğini açıklanmıştır (Graskovic vd., 2013; Gunn vd., 2014; Lee vd., 2016; Parson, 2018; Vidaki vd., 2013; Shi vd., 2018).

Garagni vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada ELOVL2, FHL2 ve PENK3 lokuslarındaki DNA metilasyonlarının yaşla ilişkili olduğu belirtilmiştir (Lee, 2016; Parson, 2018). Kan örneklerinde 0.92 spearman korelasyon katsayısıyla yaş tahmini için en umut verici marker ELOVL2 olarak tanımlanmıştır (Parson, 2018).

Hannum vd. (2013) tarafından 71 CpG bölgesi içeren 3,9 yıl hata payıyla tahmin doğruluğu yüksek nicel bir yaş tahmin modeli geliştirilmiştir (Lee vd., 2016).

Horvath (2013) "Illumina Infinum Methylation BeadChip" 27K ve 450K teknikleriyle seçerek incelediği 8,000 örnekle 3,6 yıl hata payıyla yüksek doğrulukla geniş bir doku yelpazesinde yaş tahmini sağlayan 353 CpG bölgesi içeren bir model geliştirmiştir (Freire-Aradas vd., 2017; Horvath, 2013; Lee vd., 2016; Xin vd., 2019).

Yi vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada kan örneklerinde yaşla beraber önemli ölçüde korelasyon gösteren DNA metilasyon bölgelerini içeren 8 gen fragment izole edilerek kimliklendirilmiştir (Yi vd., 2014). Sequenom MassARRAY teknolojisiyle belirlenen DNA metilasyon seviyelerinin sekiz fragmanda yaşa özgü olduğu bu nedenle aynı yaş gruplarında bireysel ayırım yapmak için uygun olmadığı görülmüştür. Aynı zamanda genç donör grubuna kıyasla yaşlı gruptan incelenen örneklerde bazı CpG bölgelerinin önemli metilasyon farkı gösterdiği rapor edilmiştir (Yi vd., 2014).

İncelenen sekiz fragmanın gelişimsel süreçlerde önemli rol oynayan TBOX3 (Gelişimsel transkripsiyon faktör kodlayan T-box gen), GPR137 (böbrek gelişiminde regülasyonu sağlayan G-protein kapılı reseptör), ZIC4 (ZIC çinko parmak protein), ZDHHC22 (İyon kanallarının kontrolünde görevli enzim), MEIS1 (normal gelişimde önemli homeobox protein), UBE2E1 (proteinlerin ubiquitasyonunda görevli enzim), PTSS2 (hücre sinyalizasyonu ve apoptoziste görevli fosfatidilserin metabolizmasından sorumlu gen) ve UBQLN1 (presenilin protein ailesinin işleyişinde görevli ubiquilin) lokuslarında yer aldığı rapor edilmiştir (Yi vd., 2014). Bu 8 lokusun yaşla beraber korelasyon gösteren metilasyon paternlerine sahip olması nedeniyle yaş tahmini için markır olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Shi vd., 2018; Yi vd., 2014).

Weidner vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada cg022228185 (ASPA), cg25809905 (ITGA2B) ve cg17861230 (PDEC) bölgesine yakın CpG bölgesi

ile beraber toplamda 3 CpG bölgesi kullanılarak kan örneklerinden yaş tahmini yapmak için model geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modelde tahmin doğruluğu ± 5.43 yıl olarak belirlenmiştir (Freire- Aradas vd., 2017; Jung vd., 2019; Lee vd., 2016; Park vd., 2016; Parson, 2018).

Zbiec-Piekarska vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada kan örneklerinden yaş tahmini yapabilmek için pirosekanslama tekniği kullanılarak ELOVL2 lokusu araştırılmıştır. Bu çalışmada ELOVL2 lokusunun promotor bölgesinde yaşla beraber güçlü korelasyon gösteren marker olarak 6.85 hata payıyla ayırım gücü yüksek olabilecek 2 CpG bölgesi keşfedilmiştir (Lee, 2016; Parson, 2018). Yapılan bu çalışmayı takiben daha yüksek doğrulukla yaş tahmin modeli geliştirmek amacıyla ilave markerları içeren çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların ilki ELOVL2, CLorf132/MIR29B2C, TRIM59, KLF14 ve FHL2 lokuslarının tamamını içeren, tahmin doğruluğu ± 3.40 yıl olarak belirlenen modeldir (CorreiaDias vd., 2020; Freire- Aradas vd., 2017; Jung vd., 2019; Park vd., 2016; Parson 2018). Bu model Weidner ve ark. (2014) tarafından geliştirilen modelin aksine hem tükürük hem kan örneklerinde kullanılabilir (Jung vd., 2019).

CpG bölgelerine çok yakın bölgelerin incelendiği, yeni markerların geliştirilmesine olanak veren çalışmalar her defasında ELOVL2 lokusunun yaş tahmininde çok yüksek doğruluk gösterdiğini ortaya koymuştur (Freire- Aradas vd., 2017). Bu nedenle geliştirilen her modelde bu lokusun olmasına dikkat edilmiştir. İlginç bir şekilde Lee ve ark. (2015) tarafından semen örneklerinden yaş tahmini yapabilmek için gerçekleştirilen öncü çalışmaların hiçbirinde ELOVL2 lokusu kullanılmamıştır (Freire- Aradas vd., 2017).

Bunun nedeninin ise DNA metilasyonlarının doku farklılaşmasına bağlı olarak farklı yollarda rol alan germinal hücrelerde meydana gelmesi, somatik hücre ve germinal hücrelerde gerçekleşen metilasyon farklılıkları olabileceği belirtilmiştir (Freire- Aradas vd., 2017; Lee vd., 2016).

Lee vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada TTCB genindeki cg06304190 bölgesi, NOX4 genindeki cg06979108 bölgesi ve cg12837463 bölgelerini içeren tahmin doğruluğu yüksek bir model geliştirilmiştir. Aynı zamanda TTCB geninin spermde yaşa bağlı olarak DNA metilasyon değişiklikleri gösterdiği ve bu nedenle semen örneklerinde yaş tahmini için marker olabileceği belirtilmiştir (Lee vd., 2016).

Bekaert vd. (2015) tarafından yaş tahminlerindeki hata oranlarının, yaşa bağlı olarak nasıl değiştiğinin araştırıldığı bir çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada 20 yaş kategorisi oluşturularak, yine kendi geliştirdikleri modelle ASPA, PDE4C, ELOVL2 ve EDARADD lokusları kandan yaş tahmini yapmak için kullanılmıştır (Freire- Aradas vd., 2017; Lee vd., 2016). Bu model aynı zamanda dişlerden yüksek doğrulukla yaş tahmini yapabileceği belirtilmiştir (Lee vd., 2016).

Park vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada kandan yaş tahmini yapabilmek için DNA metilasyonlarının incelendiği ZNF423, ELOVL2 ve CCDC102B lokuslarını içeren tahmin doğruluğu ± 3.16 olan bir model geliştirilmiştir (Freire- Aradas vd., 2017; Park, 2016). CCDC102B lokusunun yaş tahmini için uygunlu-

ğu daha önceden Zbiac-Piekarska ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir (Freire- Aradas vd., 2017).

Zubakov vd. (2016) tarafından bir önceki çalışmaya paralel olarak yapılan çalışmada kandan yaş tahmini sağlayan ELOVL2, FHL2, DUSP27, ORAOV1 lokuslarındaki 8 CpG bölgesini içeren, tahmin doğruluğu ± 5.19 olan bir model geliştirilmiştir. Tüm markırların, geç başlangıçlı Alzheimer hastalığı olan hastalarda değişmemiş DNA metilasyon durumuna ve yaş tahmin kapasitesine sahip olduğu bulunmuştur (Graskovic vd., 2013; Freire- Aradas vd., 2017).

Giuliani vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen aynı zamanda tamamlanan üçüncü çalışmada ise dış örneklerinden yaş tahmini sağlayan, ELOVL2, FHL2 ve PENK lokuslarındaki 5-13 CpG bölgesi içeren modeldir. Bu bölgeler yaşla iyi bir korelasyon sergileyen çeşitli DNA metilasyon biyomarkırları olarak belirlenmiştir. (Freire- Aradas vd., 2017; Lee vd., 2016).

Eipel vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada Weidner ve ark. (2014) tarafından kan için geliştirilen model buccal epitel örneklerde denenmiş ve doğruluk tahmini $\pm 14,6$ yıl olarak belirlenmiştir (Freire- Aradas, 2017; Jung, 2019). Buna göre 3 CpG bölgesinin doku-spesifik olduğu belirlenmiştir (Jung, 2019). Yapılan bu çalışmada PDE4C (cg17861230) lokusunun yaş ile korelasyonunun buccal epitel ve tükürük örneklerinde kandan daha güçlü olduğu görülmüştür (Freire- Aradas vd., 2017). Buccal epitel hücrelere-spesifik CpG bölgelerinin belirlenebilmesi için yapılan çalışmalar yaş tahmini için yeni bir modelin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bu model 3 kan-spesifik marker içerirken 2 buccal epitel-spesifik marker ilave edilmiş olup doğruluk tahmini $\pm 5,1$ yıl olarak gözlenmiştir (Jung vd., 2019).

Tükürüğün hem lökositler hem buccal epitel hücreler içermesinden dolayı tükürük örneklerinde de benzer durumla karşılaşmıştır.

Hong vd. (2017) SST, CNGA3, KLF14, TSSK6, TBR1 ve SLC12A5 lokuslarında 6 CpG bölgesini tükürük için yaşla ilgili marker olarak belirlemişken hücre-spesifik PTPN7 lokusuyla bu altı lokusun birlikte kullanımının daha doğru sonuçlar vereceği düşünülmüştür. Yapılan çalışmada sadece 6 lokusun doğruluk tahmini $\pm 4,1$ yıl iken hücre-spesifik lokusun eklenmesiyle oluşan 7 lokusun doğruluk tahmini $\pm 3,2$ yıl olarak belirlenmiştir (Hong vd., 2019; Jung vd., 2019; Vidaki vd., 2018). Yapılan bu çalışmayla hücre-spesifik markerın Eipel vd. tarafından yapılan buccal epitel hücreleri çalışmalarında gözlemlendiği kadar önemli sonuç değişikliğine neden olmadığı görülmüştür (Hong, 2019; Jung, 2019).

Dahası yapılan araştırmalarla birçok dokuda yaş ilişkisini belirleyen bu markerların sadece tükürük gibi heterojen sıvı örneklerinin ayrılmasında değil diğer doku ve sıvı örneklerinin birbirinden ayrılması içinde kullanışlı olabileceği belirtilmiştir (Hong vd., 2019). Bu doğrultuda Hong vd. tarafından yapılan modelde hücre-spesifik marker içersin ya da içermesin 6 yaş ilişkili markerden 3'ünün (ELOVL2, KLF14 VE SLC12A5) hem kan hem tükürük örneklerinde korelasyon gösterdiği belirtilmiştir (Jung vd., 2019).

Naue vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada massive paralel sekanslamayla kana spesifik yaş belirlemede kullanılan DNA metilasyon markerlarının beyin, kas ve kemik gibi diğer dokulardaki profilleri incelenmiştir (Naue vd., 2018). Yapılan çalışmada daha önceden kandan yaş tahmininde belirlenmiş spesifik 13 bölge (DDO1, ELOVL2, F5, GRM2, HOXC4, KLF14, LDB2, NKIRAS2, RPA2, SAMD10, TRIM59, MEIS1 ve ZYG11A) yaş aralığı 0 ile 87 arasında değişen 29 merhum kişiden alınan örneklerde araştırılmıştır. Alınan beyin, kemik, kas, buccal epitel ve kan örneklerinde massive paralel sekanslama tekniği kullanılmıştır (CorreiaDias vd., 2020; Naue vd., 2018). Yapılan bu çalışmada hesaplanan Sparman korelasyon katsayıları 13 lokusun tamamının yaşla ilgili olmadığını özellikle 7 tanesinin (ELOVL2, DDO1, KLF14, TRIM59, ZYG11A, RPA2, NKIRAS2) yaşla beraber güçlü korelasyon gösterdiğini ortaya çıkarmıştır (Naue vd., 2018; Vidaki vd., 2018). LDB2 lokusunun yaşa bağlı olarak kanda yüksek oranda metilasyon gösterirken aynı zamanda sadece kemikte yüksek sonuç verdiği belirtilmiştir. Kanda yüksek oranda metilasyon gösteren MEIS1 lokusunun buccal epitel örneklerde de makul düzeyde sonuç verdiği belirtilmiştir. SAMD10 lokusunun ise sadece kandaki metilasyonunda istatistiksel öneme ulaştığı görülmüştür. Diğer markerlerin dokuların hepsinde değil de birçoğunda yaşa bağlılık gösterdiği belirtilmiştir. HOXC4 ve GRM2 lokuslarının kemik hariç bütün dokularda gözlemlendiği belirtilmiştir (Naue vd., 2018).

ZYG11A lokusunun bütün dokularda yaşa bağlı değişim gösterirken kemik ve beyinde DNA metilasyon seviyelerinde yaşa bağlı olarak değişim düşük eğrilerde gözlenmiştir. Bu nedenle bu lokusun marker olarak kullanımında oldukça hassas metodların gerekliliği vurgulanmıştır.

Yapılan çalışmada hem seçilen markerlerin çoğunun analiz edilen dokuların birçoğunda değişiklik gösterdiği hem de DNA metilasyon seviyelerinin de doğumdan ölüme kadar olan süreçte değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir (Naue, 2018). Gerçekleştirilen bu pilot çalışma sonuçlarına göre ELOVL2, DDO1, KLF14, TRIM59, ZYG11A, RPA2, NKIRAS2 lokusları yaş tahmininde doku-spesifik modellerin geliştirilmesinde umut verici olmuştur (Naue vd., 2018).

Shi vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada çocuklarda yaş tahminini geliştirebilmek için klasik yöntemler olan iskelet ve diş örneklerinin incelenmesine ilave olarak DNA metilasyon markerlarının birlikte kullanımı çalışılmıştır (Shi vd., 2018). Yapılan bu çalışmada yaşları 6 ile 15 arasında değişen 124 çocuğun (78 erkek 46 kız) iskelet yaşları (SA) GP, TW3-RUS ve TW3- Carpal metodlarla, diş yaşları (DA) Demirjian ve Willems metodlarıyla belirlenmiştir. Yaş spesifik CpG bölgelerinin belirlenebilmesi için rastgele seçilen 48 çocukta Illumina HumanMethylation450 BeadChip tekniğiyle DNA metilasyon profillemesi yapılarak 5 CpG bölgesi belirlenmiştir. Bu 5 CpG bölgesinin droplet dijital PCR tekniğiyle 124 çocuğa validasyonu yapılarak erkekler için 4 CpG kızlar için ise 5 CpG bölgesinin kullanımı uygun görülmüştür. Bu CpG bölgeleri DDO (endokrin ve merkezi sinir sistemlerinde önemli rol oynayan D-aminoasitleri regüle eden enzim kodlayan gen), PRH2 (hücrenin gelişimsel süreçlerinde önemli rol oynayan transmembran protein-

leri kodlayan gen), DHX8 (mutasyonu embriyolarda RNA splayz mekanizmasında kusurlara neden olan DEAH polipeptid ailesi üyesi), ITGA2B (kanama bozukluklarıyla ilişkili integrin alfa protein ailesi üyesi) ve Illumina kimlik numarası 22398226 olan bilinmeyen bir gene ait lokuslardır (Shi vd., 2018). İskelet yaşının (SA) belirlenmesinde kullanılan metotlardan en iyi ölçüm erkeklerde TWE-RUS metodu olup hata oranı 0,69 yıl iken kız çocuklarda GP metodu olup hata oranı 0,74 yıl olarak ölçülmüştür. Diş yaşının (DA) belirlenmesi ise hem kızlarda hem erkeklerde en iyi ölçüm erkeklerde hata oranı 0,63 yıl kızlarda 0,54 yıl olarak Willems kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İskelet yaşının, diş yaşının ve DNA metilasyon markerlarının birlikte kullanılarak yapılan yaş ölçümlerinde ise erkeklerde 0,47 yıl kızlarda 0,33 yıl hata oranlarıyla yüksek doğrulukta yaş tahminleri gerçekleştirilmiştir (Shi vd., 2018; Vidaki vd., 2018). Yapılan bu çalışma sonuçlarına göre bu tekniklerin birleştirilmesiyle geliştirilecek modellerin, yüksek doğruluk oranıyla yaş belirlemede kullanımı oldukça avantajlıdır (Shi vd., 2018).

Jung vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada ELOVL2, FHL2, KLF14, C1orf132/MIR29B2C ve TRIM59 lokuslarındaki 5 CpG bölgesinin DNA metilasyonlarını araştırmıştır (Jung, 2019). Kan, tükürük ve buccal epitel örneklerden oluşan 448 örnekte multiplex metilasyon SNaPshot tekniği kullanılarak 5 CpG bölgesinin metilasyon profili incelenmiştir (Jung vd., 2019). Multiplex metilasyon SNaPshot tekniği pirosekanslama tekniğiyle doğru değerlendirilemeyen KLF14 lokusunun daha iyi araştırılmasına olanak sağlayarak ve bu lokusun önemini ortaya çıkarmıştır.

Bu 5 lokus arasından ELOVL2, KLF14 ve TRIM59 lokuslarındaki DNA metilasyonlarının her üç örnek türünde de yaşla beraber güçlü korelasyon gösterdiği belirtilmiştir. Her örnek tipi için ayrı ayrı geliştirilen modellerde doğruluk tahminleri kan örnekleri için ± 3.478 yıl, tükürük örnekleri için ± 3.552 yıl, buccal epitel örnekler için ± 4.293 yıl olarak belirlenerek doğruluk tahminlerinin yüksek olduğu görülmüştür (Jung, 2019; Xin, 2019). Hem yapılan bu çalışmada hem de daha önceden beyin, kemik ve kas gibi farklı dokularda yapılan çalışmalarda görüldüğü gibi ELOVL2, KLF14 ve TRIM59 markerlarının yaşla ilişkili olduğu özellikle kan tükürük ve buccal epitel örneklerde yaş belirlemede kullanılabileceği belirtilmiştir (Jung vd., 2019).

Correias vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada DNA metilasyon temelli yaş tahmin modeli geliştirmek istenmiştir. Bu amaçla daha önce belirlenen ELOVL2, FHL2, EDARADD, PDE4C ve C1orf132 lokuslarının (ELOVL2, 9 CpG; EDARADD, 4 CpG; FHL2, 12 CpG; PDE4C, 12 CpG ve C1orf132, 6 CpG toplam 43 CpG) metilasyon seviyeleri yaşları 24 ile 89 arasında değişen 51 merhum kişiden alınan kan örneklerinde incelenmiştir. Her lokustaki yaşla yüksek ilişkili CpG'lerin linear regression analiziyle araştırıldığı bu modelde 0.888 korelasyon katsayısıyla $\pm 6,8$ yıllık sapma gözlemlenmiştir. Bağımsız testlerde validasyonu yapılan model $\pm 8,84$ yıllık sapmayla yaş tahmini yapmaya olanak sağlamaktadır (CorreiaDias vd., 2020).

Xin vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada daha önceki metilasyon çalışmalarında tümör oluşumu, gelişimi, teşhis ve tedavi mekanizmalarında odaklanılan hTERT (kandaki lökositlerden baş ve yanak kanserlerini belirleyen marker) genindeki metilasyonların yaş tahmini sağlanabilmesi için kullanılabilirliği araştırılmıştır. Yaşları 1 ile 79 arasında değişen 44 kadın 46 erkek bireyden alınan kan örnekleri metilasyon spesifik-PCR ve real time PCR ile çalışılmıştır. Üç yaş tahmin modeli çalışılmış olup MSP (metilasyon-spesifik PCR) modelin $\pm 6,60$ yıllık real-time relative quantification PCR modelin $\pm 5,19$ yıllık real-time absolute quantitative PCR modelin $\pm 4,29$ yıllık hata oranları olduğu görülmüştür (Xin, 2019). Real-time absolute quantitative PCR modeli en yüksek doğrulukla yaş tahmini için belirlenen model olmuştur (Xin vd., 2019).

Yaş tahminlerinde kullanılabilir lokus keşfi ve yeni tahmin modelleri geliştirme çalışmalarına paralel olarak geliştirilmiş modellerin farklı analiz tekniklerinde doğruluk oranlarının nasıl etkilendiğine yönelik çalışmalarda gerçekleştirilmiştir.

Bekeart vd. tarafından yapılan bir diğer çalışmada diğer lokuslardan farklı olarak tüm dokularda en güçlü yaş tahminine olanak sağlayan ELOVL2 lokusu quadratic regression analiziyle incelenmiştir (Freire-Aradas vd., 2017).

Linear regression analizinde yaşla beraber korelasyon gösterdiği bilinen bu lokusun maalesef Quadratic regression analizinde beklenen sonucu vermediği belirtilmiştir (Freire-Aradas vd., 2017). Yapılan bu çalışmayla yaş tahmini sağlayan modellerde kullanılan farklı analiz yöntemlerinin (OLS regression, WLS regression, Quantile regression, SVR regression, Penalized regression) doğruluk tahminlerini etkileyebileceği belirtilerek doğruluk tahmini yüksek modellerin geliştirilmesinde quadratic regression analizlerinin kullanımına dikkat çekilmiştir (Freire-Aradas vd., 2017; Hong vd., 2019; Smeers vd., 2018).

Farklı analiz teknikleriyle gerçekleştirilen bir diğer çalışma Xu vd. (2015) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmada ADAR, AQP11, ITGA2B ve PDE4C lokuslarındaki 6 CpG bölgesini içeren bu modelde çok değişkenli doğrusal regresyon analiziyle DNA metilasyon seviyeleriyle yaş arasında anlamlı düzeyde ilişki olduğunu göstermiştir. Bu lokuslardaki metilasyon seviyelerinin ilk olarak quadratic regresyon analizi ile incelenmesine rağmen en doğru sonuçların support-vector regresyon analiziyle elde edildiği belirtilmiştir (Xu vd., 2015).

Freire- Aradas vd. (2016) tarafından linear regression analizine alternatif olarak farklı regression analizi kullanılarak bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen bu model ELOVL2, ASPA, PDE4C, FHL2, CCDC102B, Clorf312 ve chr16:85395429 lokuslarındaki 7 CpG bölgesini içerirken, tahmin doğruluğunun ± 3.07 olduğu belirtilmiştir (Freire-Aradas vd., 2017; Parson, 2018). Yapılan bu çalışmada ELOVL2, PDE4C ve FHL2 lokuslarında DNA metilasyonlarının yaşla beraber arttığı ASPA, CCDC102B lokuslarında yaşla beraber metilasyonların azaldığı gözlemlenmiştir (Parson, 2018). Bu çalışmada yaş ve cinsiyete göre düzgün dağılım gösteren 700 kan örneği çalışılmış, varyans incelemelerinde uygun olan multivariate quantile regression analizi kullanılmıştır (Freire-Aradas vd.,

2017). Geliştirilen bu model kullanılarak bağımsız bir şekilde test edilen yaşları 42 ile 69 arasında değişen 46 monozigot ikiz çiftinde tahmin doğruluğu $\pm 4,2$ yıl olacak şekilde sonuçlar %83,7 oranında doğru tahmin edilmiştir (Parson, 2018). Son olarak Vidaki vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada over linear regression analiziyle NHLRC1, SCGN ve CSNK1D lokuslarındaki 16 CpG bölgesini içeren tahmin doğruluğu ± 7.45 yıl olan yapay sinir ağı modelini tanıtmıştır (Freire-Aradas vd., 2017; Parson, 2018).

Year	Tissue	Age range ^a /n ^b	Technique ^c	CpG coverage	Gene_CpG_code	CpG_ID	GRCh38 chromosomal position	Statistical model ^d	MAD ^e	Ref.
2014	Blood	20–75/82	Pyrosequencing (500 ng gDNA)	3 CpGs	<i>ASPA</i>	cg02228185	chr17:3476273	MLRM	± 5.43	[155]
					<i>ITGA2B</i>	cg25809905	chr17:44590360			
					<i>PDE4C</i>	None	chr19:18233105			
2015	Blood	2–75/303	Pyrosequencing (2 µg gDNA)	2 CpGs	<i>ELOVL2_C5</i>	None	chr6:11044642	MLRM	± 5.03	[162]
					<i>ELOVL2_C7</i>	None	chr6:11044634			
2015	Blood	2–75/300	Pyrosequencing (2 µg gDNA)	5 CpGs	<i>ELOVL2_C7</i>	None	chr6:11044634	MLRM	± 3.40	[163]
					<i>C1orf132_C1</i>	None	chr1:207823681			
					<i>TRIM59_C7</i>	None	chr3:160450199			
					<i>KLF14_C1</i>	cg14361627	chr7:130734355			
					<i>FHL2_C2</i>	None	chr2:105399288			
2015	Blood	0–91/206	Pyrosequencing (200 ng gDNA)	4 CpGs	<i>ASPA_C1</i>	cg02228185	chr17:3476273	MQDRM	± 3.75	[10]
					<i>PDE4C_C1</i>	None	chr19:18233078			
					<i>ELOVL2_C9</i>	None	chr6:11044607			
					<i>EDARADD_C1</i>	cg09809672	chr1:236394382			

Tablo-1. 2014-2015 Yıllarında Geliştirilen DNA Metilasyon Temelli Modeller (Freire-Aradas vd. 2017, s.8)

Year	Tissue	Age range ^a /n ^b	Technique ^c	CpG coverage	Gene_CpG_code	CpG_ID	GRCh38 chromosomal position	Statistical model ^d	MAD ^e	Ref.
2015	Teeth	19–70/29	Pyrosequencing (200 ng gDNA)	7 CpGs	<i>PDE4C_C4</i>	None	chr19:18233105	MQDRM	± 4.84	[10]
					<i>ELOVL2_C2</i>	cg24724428	chr6:11044655			
					<i>ELOVL2_C9</i>	None	chr6:11044640			
					<i>ELOVL2_C7</i>	None	chr6:11044634			
					<i>ELOVL2_C8</i>	None	chr6:11044628			
					<i>ELOVL2_C9</i>	None	chr6:11044625			
2015	Semen	20–73/31	SNaPdot (200 ng gDNA)	3 CpGs	<i>ITC7B</i>	cg06304190	chr14:90817262	MLRM	± 4.20	[84]
					No gene associated	cg12837463	chr7:35260617			
2015	Blood	20–80/49	EpiTYPER (1 µg gDNA)	6 CpGs	<i>ADAR_X25</i>	None	chr1:154609711	SVRM	± 2.80	[158]
					<i>ADAR_X28</i>	None	chr1:154609812			
					<i>ITGA2B_X77</i>	None	chr17:44590412			
					<i>PDE4C_X92</i>	None	chr19:18233105			
					<i>PDE4C_X93</i>	None	chr19:18233127-31-33			
					<i>PDE4C_X95</i>	None	chr19:182331393			
2016	Blood	11–90/535	Pyrosequencing (500 ng gDNA)	3 CpGs	<i>ZNF421_C1</i>	cg04208403	chr16:49491896	MLRM	± 3.16	[116]
					<i>ASPA_C3</i>	cg21572722	chr6:11044661			
					<i>CCDC102B_C1</i>	cg19283806	chr18:68722183			
2016	Blood	18–104/725	EpiTYPER (300 ng gDNA)	7 CpGs	<i>ELOVL2_C9</i>	cg21572722	chr6:11044661	MQTRM	± 3.07	[44]
					<i>ASPA_C3</i>	cg02228185	chr17:3476273			
					<i>PDE4C_C27.28.29</i>	cg21572722	chr19:18233127/31/33			
					<i>FHL2_C3</i>	cg06639320	chr2:105399282			
					<i>CCDC102B_C2</i>	cg19283806	chr18:68722183			
					<i>C1orf132_C1</i>	None	chr1:207823715			

Tablo-2. 2015-2016 Yıllarında Geliştirilen DNA Metilasyon Temelli Modeller (Freire-Aradas vd. 2017, s.9)

Year	Sample Type	Age	Method	Sample Size	Model	Marker	Accuracy	Reference			
2016	Buccal swab	1-85/55	Pyrosequencing (500 ng gDNA)	3 CpGs	None	ASPA	cg02228185	chr17:3476273	MLRM	#4.3	[37]
						ITGA2B	cg15809905	chr17:44390460	MLRM	#5.2	[37]
2016	Buccal swab	1-85/55	Pyrosequencing (500 ng gDNA)	1 CpGs	None	FDEAC	None	chr19:18231105	MLRM	#5.09	[167]
						None	None	chr19:18231105	MLRM	#5.2	[37]
2016	Blood	4-82/216	EpiTYPER (500 ng gDNA)	8 CpGs	None	ZLOP2_C11.16.17	None	chr6:110446434-31-28	MLRM	#1.20-7.07*	[48]
						ZLOP2_C12.23.24	None	chr6:1104499.87-85	MLRM	#7.45	[152]
2016	Teeth	17-77/22	EpiTYPER (200 ng gDNA)	5-13 CpGs	None	ZLOP2_C10	cg04724428	chr5:110446455	MLRM	#1.20-7.07*	[48]
						DUSP7_C7.8	None	chr1:147126477-80	MLRM	#1.20-7.07*	[48]
2017	Blood	11-76/46	MSeq (500 ng gDNA)	16 CpGs	None	ZLOP2_C11.12.13.14	None	chr6:110446455-44-42-40	MLRM	#1.20-7.07*	[48]
						ORA071_C6	cg21572722	chr11:49962732	MLRM	#1.20-7.07*	[48]
2017	Blood	11-76/46	MSeq (500 ng gDNA)	16 CpGs	None	ZLOP2_C9	cg111044641	chr11:49962732-54	MLRM	#1.20-7.07*	[48]
						ORA071_C7.8	None	chr11:49962732-54	MLRM	#1.20-7.07*	[48]
2017	Blood	11-76/46	MSeq (500 ng gDNA)	16 CpGs	None	FEL2	cg19761273	chr17:32274220	ANN	#7.45	[152]
						FENK	cg17740664	chr1:206507823	ANN	#7.45	[152]
2017	Blood	11-76/46	MSeq (500 ng gDNA)	16 CpGs	None	CSNK1D	cg17740664	chr1:206507823	ANN	#7.45	[152]
						C11orf83	cg032386783	chr15:44288775	ANN	#7.45	[152]
2017	Blood	11-76/46	MSeq (500 ng gDNA)	16 CpGs	None	CASCA	cg032386783	chr15:44288775	ANN	#7.45	[152]
						SSBP1	cg01311567	chr11:37338157	ANN	#7.45	[152]
2017	Blood	11-76/46	MSeq (500 ng gDNA)	16 CpGs	None	FENK	cg07158339	chr9:69035321	ANN	#7.45	[152]
						PBXN1	cg05442902	chr22:21014721	ANN	#7.45	[152]
2017	Blood	11-76/46	MSeq (500 ng gDNA)	16 CpGs	None	RANSE5	cg44450112	chr1:206507823	ANN	#7.45	[152]
						ERG	cg12740664	chr1:206507823	ANN	#7.45	[152]
2017	Blood	11-76/46	MSeq (500 ng gDNA)	16 CpGs	None	TRIP10	cg02085507	chr19:4739181	ANN	#7.45	[152]
						FZD9	cg20692369	chr7:73444111	ANN	#7.45	[152]
2017	Blood	11-76/46	MSeq (500 ng gDNA)	16 CpGs	None	NEF14	cg04528139	chr7:18071848	ANN	#7.45	[152]
						NFJ2	cg08370996	chr15:96183882	ANN	#7.45	[152]
2017	Blood	11-76/46	MSeq (500 ng gDNA)	16 CpGs	None	VGF	cg04048117	chr7:18071848	ANN	#7.45	[152]
						NHLRC1	cg27234534	chr6:18132488	ANN	#7.45	[152]
2017	Blood	11-76/46	MSeq (500 ng gDNA)	16 CpGs	None	SCGN	cg04939994	chr6:23652319	ANN	#7.45	[152]
						C19orf20	cg02479575	chr19:4769641	ANN	#7.45	[152]

Tablo-3. 2016-2017 Yıllarında Geliştirilen DNA Metilasyon Temelli Modeller (Freire-Aradas vd. 2017, s.9)

Tartışma ve Sonuç

Son yıllarda ilerleyen teknolojilerle birlikte geliştirilen yeni nesil sekans cihazları epigenetik alanındaki çalışmaların hızlıca ilerlemesine olanak sağlamıştır. Epigenetik mekanizmaların incelendiği çalışmalar farklı alanlarda farklı amaçlarla mevcut yöntemlere alternatif yaklaşımlar geliştirilmesini sağladığından en önemli araştırma konularından olmuştur.

Adli bilimlerde mevcut yöntemlerin sınırlılıklarının giderilmesi amacıyla geliştirilen DNA metilasyon temelli tekniklerin Vidaki vd. (2013), Branka vd. (2013), Kader vd. (2015), Lee vd. (2016), tarafından yapılan çalışmalarda belirtildiği gibi çeşitli kullanım alanları mevcuttur.

Yaş tayinlerinde ise sınırlı sayıda kalıntılarda çalışmaya imkân veren antropolojik ve odontolojik incelemelerin yapıldığı morfolojik yöntemlerin aksine canlı bireylerde yaş tahmini yapmaya olanak sağlaması ve hemen hemen tüm dokulara uygulanabilir olması nedeniyle DNA metilasyonları Koch ve Wagner (2011), Horvath vd. (2013), Park vd. (2016), Parson vd. (2018), Jung vd. (2019) tarafından yapılan çalışmalarda da belirtildiği gibi oldukça önemlidir.

Lee vd. (2016), Vidaki vd. (2017) tarafından yapılan çalışmalarda da bahsedildiği gibi adli bilimlerde birçok amaçla kullanılabilen metilasyon temelli teknikler oldukça avantajlı olmalarına rağmen çeşitli zorlukları ve sınırlılıkları da beraberlerinde getirmektedir. Bu tekniklerin geliştirilmesine yönelik marker olarak kullanılabilir daha çok CpG bölgelerinin keşfine ihtiyaç duyulurken geliştirilen modellerin validasyonlarının yapılmasını sağlayacak daha çok araştırmaya ih-

tiyaç duyulmaktadır. Geliştirilen metilasyon temelli teknikler için Vidaki vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada da belirtildiği gibi biyoinformatik yazılımların geliştirilmesine ihtiyaç duyulurken adli laboratuvarlarda kullanılan cihazların yüksek maliyetli bu tekniklerin geliştirilmesi için yeterli olmaması da rutinde kullanımı sınırlamaktadır. Smeers vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada olduğu gibi geliştirilen modellerin içerdikleri regression analiz modellerinin diğer analiz modelleriyle de test edilerek farklı platformlarda araştırılmaları gerekmektedir.

Shi vd. (2018) tarafından yapılan incelemelerde olduğu gibi iskelet yaş ölçümleri, diş yaş ölçümleri ve metilasyon ölçümlerinin birlikte kullanımı yaş tahmin doğruluğunu arttıracak şekilde rutinde avantaj sağlayabilir. Xin vd. (2019) tarafından kanser saptanmasında marker olarak kullanılan hTERT geninden yaş tahmini sağlayan model geliştirilen çalışmada olduğu gibi kanserle ilişkilendirilmiş çeşitli gen bölgelerinin adli amaçlı kullanımlarının araştırılması yeni tekniklerin geliştirilmesi açısından kolaylık sağlayabilir. Kader vd. (2015), Vidaki vd. (2018), Lee vd. (2016) tarafından yapılan çalışmalarda da belirtildiği gibi her tekniğin sahip olduğu sınırlılıklar olmakla birlikte bu alanda yapılacak olan çalışmalar metilasyon temelli teknikleri ilerde her adli laboratuvarında uygulanabilecek, kısa süreli ve düşük maliyetli, ayırım gücü yüksek, oldukça avantajlı yaygın kullanımlı teknikler haline getirecektir.

Kaynakça

- Akay G., Atak N., ve Güngör K. (2018). Adli Diş Hekimliğinde Dişler Kullanılarak Yapılan Yaş Tayini Yöntemleri. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 39,(2) s.73-82.
- Bell, J., Loomis, A., Butcher, L., Gao, F., Zhang, B., Hyde, C.L., Sun, J. ve et al. (2014). Differential methylation of the TRPA1 promoter in pain sensitivity. Nature Communications. 5, s.2978 <https://doi.org/10.1038/ncomms3978>.
- CorreiaDias H., Cordeiro C., CorteReal F., Cunha E., ve Manco I. (2020). Age Estimation Based on DNA Methylation Using Blood Samples From Deceased Individuals. Journal of Forensic Sciences. 65, (2) s.465-470
- Çeker D. (2018). Adli Antropolojide Yaş Tahmini Metodları. Ankara Üniversitesi Antropoloji Dergisi.35, s. 35-54.
- Freire-Aradas A., Philips C. ve Lareu M.V. (2017). Forensic Individual Age Estimation with DNA: From Initial Approaches to Methylation Tests. Forensic Sciences Review. 29, s.121.
- Grskovic´ B., Zrnec D., Vickovic´ S., Popovic´ M., ve Mrs´ic´ G. (2013). DNAMethylation: the Future of Crime Scene Investigation. Molecular Biology Reports.40,s.4349-4360.
- Gunn P., Walsh S., ve Roux C. (2014). The Nucleic Acid Revolution Continues will Forensic Biology Become Forensic Molecular Biology. Frontiers in Genetics | Statistical Genetics and Methodology. 5, s.5-44.

- Hong R. S., Shin J. K., Jung E. S., Lee H. E., ve Lee Y. H. (2019). Platform-*Independent* Models for Age Prediction Using DNA Methylation Data. *Forensic Science International: Genetics*. 38 s.39-47.
- Horvath S. (2013). DNA Methylation Age of Human Tissues And Cell Types. *Genome Biology*. 14, s-3156 <https://doi.org/10.1186/gb-2013-14-10-r115>.
- Jung E. S., Lim M. S., Hong R. S., Lee H. E., Shin J. K., ve Lee Y.H. (2019). DNA Methylation of the ELOVL2, FHL2, KLF14, C1orf132/MIR29B2C, and TRIM59 Genes for Age Prediction from Blood, Saliva, and Buccal Swab Samples. *Forensic Science International: Genetics* 38,s.1-8.
- Kader F., ve Ghai M. (2015). DNA Methylation and Application in Forensic Sciences. *Forensic Science International*. 249, s.255-265.
- Koch M. C., ve Wagner W. (2011). Epigenetic Aging Signature to Determine Age in Different Tissues. *Aging*. (Albany NY). 3,s.1018-1027 <https://doi.org/10.18632/aging.100395>.
- Lee Y.H., Lee S.D., ve Shin K.J., (2016). Forensic DNA Methylation Profiling from Evidence Material for Investigative Leads. *BMB Reports*. 49, (7) s.359-369.
- Naue J., Sanger T., Hoefsloot H.C.J, Lutz-Bonengel S., Kloosterman A.D., ve Verschure P.J. (2018). Proof of Concept Study of Age-Dependent DNA Methylation Markers Across Different Tissues by Massive Parallel Sequencing. *Forensic Science International: Genetics*.36,s.152-159.
- Park J.L., Kim H.J., Seo E., Baea H.D., Kim Y.S., Lee C.H., Wooc K.M., ve Kim Y.S. (2016). Identification and Evaluation of Age-Correlated DNA Methylation Markers for Forensic Use. *Forensic Science International: Genetics*. 23,s.64-70.
- Parson W. (2018). Age Estimation with DNA: From Forensic DNA Fingerprinting to Forensic (Epi)Genomics: A Mini-Review.64, (4). s.326-332.
- Sağır S. (2013). *Dişlerin Çıkış ve Gelişim Aşamalarından Yaş Tahmini Metodu Oluşturulması*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Antropoloji (fizik antropoloji) Anabilim Dalı. Ankara.
- Shi L., Jiang F., Ouyang F., Zhang J., Wang Z., ve Shen X. (2018). DNA Methylation Markers in Combination with Skeletal and Dental Ages to *Improve* Age Estimation in Children. *Forensic Science International: Genetics*. 33, s.1-9.
- Smeers I., Decorte R., Van de Voorde W. ve Bekaert B. (2018). Evaluation of Three Statistical Prediction Models for Forensic Age Prediction Based on DNA Methylation. *Forensic Science International: Genetics*.34, s.128-133.
- Vidaki A., Daniel B., ve Syndercombe-Court D. (2013). Forensic DNA Methylation Profiling-Potential Opportunities and Challenges. *Forensic Science International: Genetics*. 7, s.499-507.
- Vidaki A., ve Kayser M. (2018). Recent Progress, Methods and Perspectives in Forensic Epigenetics, *Forensic Science International: Genetics*.37,s.180-195.
- Yılmaz Usta N. D. (2014). *İnsan İskeletlerinde Dental Yaş Tahmini Yöntemleri ve Bunların Adli Tıp ve Antropoloji Çalışmalarında Uygulanabilirliği*. Uluslararası Hakemli Akademik Spor Sağlık ve Tıp Bilimleri Dergisi. 13, (4) s.72-95.
- Yi H.S., Xu C. L., Mei K., Yang Z. R., ve Huang X.D. (2014). Isolation and Identification of Age-Related DNA Methylation Markers for Forensic Age-Prediction. *Forensic Science International: Genetics*. 11, s.117-125.

- Xin Y., Dong K., Cao F., Tian Y., Sun J., Peng M., Liu W., ve Shi P. (2019). Studies of hTERT DNA Methylation Assays on The Human Age Prediction. *International Journal of Legal Medicine*.133 s.1333-1339. <https://doi.org/10.1007/s00414-019-02076-3>.
- Xu C., Qu H., Wang G., Xie B., Shi Y., Yang Y., Zhao Z. , Hu L., Fang X., Yan J., Feng L. (2015). A Novel Strategy For Forensic Age Prediction By DNA Methylation And Support Vector Regression Model. *Scientific Reports*. 5.(17788). <https://doi.org/10.1038/srep17788>.