



İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ

ANADOLU BİL

MESLEK YÜKSEKOKULU DERGİSİ

ISTANBUL AYDIN UNIVERSITY

Fen Bilimleri

**JOURNAL OF ANADOLU BİL VOCATIONAL
SCHOOL OF HIGHER EDUCATION**

Yıl/Year: 20 - Ocak 2025-Temmuz 2025/January 2025-July 2025 - **Sayı/Number:** 71 - **ISSN** 1306 - 3375

Genel DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005 - **Cilt 20 Sayı 71 DOI:** 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/2025.2071

KÜNYE IDENTITY

Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi üç ayda bir yayımlanır. Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi fen bilimleri temel alanında makale kabul etmektedir. Fen bilimleri alanındaki özgün Türkçe ve İngilizce bilimsel makalelerin yayımlandığı bir süreli yayındır. Bu dergide yayımlanan makalelerin telif hakları Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu'na aittir. Bu yayımla ilgili olarak Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndan doğan hertürlü hak saklıdır. Tanıtım için yapılacak alıntılar dışında Yüksekokulun izni olmadan çoğaltılamaz. Bu dergide yayımlanan makalelerdeki görüşler yazarlarına aittir. Yüksekokul bu görüşler nedeniyle herhangi bir sorumluluk kabul etmez. / Anadolu Bil Vocational School Journal is published quarterly. Journal of Anadolu Bil Vocational School of Higher Education accepts articles on the field of science. It is a periodical publication that original scientific Turkish and English articles on the field of science are published. The copyrights of all articles published in this journal belongs to Anatolian Vocational School of Higher Education. All rights are reserved under all kinds of Intellectual Property Law in relation to this publication. Without our prior written permission excerpts except for promotional purposes may not be reproduced. The opinions expressed in the articles published in this journal are those of the authors alone. The School does not accept any liability due to these opinions or for any inaccurate, unreliable, untimely or incomplete information contained therein, or for any reliance placed upon it.

ONURSAL BAŞKAN

Prof. Dr. Mustafa AYDIN

İAÜ ADINA İMTİYAZ SAHİBİ

Prof. Dr. Yedigâr İZMİRLİ

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Ayla ÜNVER ALÇAY

EDİTÖR YARDIMCISI

Prof. Dr. Candan VARLIK

EDİTÖR KURULU

Prof. Dr. Yedigâr İZMİRLİ, Dr. H. Fatih AYDIN, Prof. Dr. Hasan SAYGIN, Prof. Dr. İbrahim Hakkı AYDIN, Prof. Dr. Mustafa ÇIKRIKÇI, Prof. Dr. Kamil BOSTAN, Prof. Dr. Selami GÖZENÇ, Prof. Dr. Zafer ASLAN, Dr. Öğr. Üyesi Güven ÖZDEMİR, Dr. Öğr. Üyesi Faris KOCAMAN

KAPAK TASARIM

Öğr. Gör. Sevgi YILMAZ

AKADEMİK ÇALIŞMALAR KOORDİNASYON OFİSİ

İDARİ KOORDİNATÖR

Dr. Öğr. Üyesi Burak SÖNMEZER

TÜRKÇE REDAKSİYON

Dr. Öğr. Üyesi Ayla ÜNVER ALÇAY

İNGİLİZCE REDAKSİYON

Dr. Öğr. Üyesi Ayla ÜNVER ALÇAY

GRAFİK TASARIM

Başak GÜNDÜZ

BASKI

Levent Baskı Merkezi - Sertifika No: 35983 / Emniyetevler Mahallesi Yeniçeri Sokak No:6/A
4. Levent / İstanbul, Türkiye / Tel: 0212 270 80 70 E-mail: info@leventbaskimerkezi.com

EBSCO Tarafından Uluslararası Taranmaktadır.

ASOS İndeks Tarafından Taranmaktadır.

Yazışma Adresi: Beşyol Mahallesi İnönü Cad. No: 38 Küçükçekmece, İSTANBUL **Tel:** 444 1 428 **Faks:** 0 212 425 57 59 **www.aydin.edu.tr**

Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi özgün bilimsel araştırmalar ile uygulama çalışmalarına yer veren ve bu niteliği ile hem araştırmacılara hem de uygulamadaki akademisyenlere seslenmeyi amaçlayan hakemli bir dergidir. / Journal of Anadolu Bil Vocational School of Higher Education is a double-blind peer-reviewed journal which provides a platform for publication of original scientific research and applied practice studies. Positioned as a vehicle for academics and practitioners to share field research, the journal aims to appeal to both researchers and academicians.

Hakem Kurulu

Prof. Dr. Ebru Bardaş Özkan Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

Doç. Dr. Bülent Bayraktar Bayburt Üniversitesi

Doç. Dr. Cebrail Gürsul Erzincan Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Merve Yasemin Altıntaş İstanbul Aydın Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Şevval Maral Özcan Aykol Biruni Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Şükrü Mustafa Kaya İstanbul Aydın Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Buket İşler İstanbul Topkapı Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mine Mercan İstanbul Aydın Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Nuray Can İstanbul Aydın Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Gülbahar Büyük Özcan Ankara Medipol Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ali Ilgaz Kapadokya Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Başak Öney, Bezm-i Âlem Vakıf Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Şule Arslan İstanbul Aydın Üniversitesi

İçindekiler - Contents

Araştırma/ Research

The impact of artificial intelligence methods on graphic design

Yapay zekâ yöntemlerinin grafik tasarımı üzerindeki etkisi

Zülali Mine NAZ, Şükrü Mustafa KAYA..... 1

Araştırma/ Research

Makine öğrenmesi tabanlı envanter yönetimi: Veriye dayalı karar destek sistemleri

Machine learning-based inventory management: Data-driven decision support systems

Deniz KIZILASLAN, Hakan Burak EMEKLİ.....19

Derleme / Review

Psikobiyotiklerin beslenmedeki yeri: Yeni bir fonksiyonel besin çağı

The place of probiotics in nutrition: Ushering in a new era of functional foods

Sırma POLAT, Berkin ÖZYILMAZ KIRCALI..... 35

Derleme / Review

Çölyak hastalığı ve beslenme ilişkisi

The relationship between celiac disease and nutrition

Aysun SAĞLAM, Ceyda Cansu IŞIK.....51

Derleme / Review

Simulation of physiological parameters for homeostatic maintenance: The role of digital twin technology

Homeostatik denge için fizyolojik parametrelerin simülasyonu: Dijital ikiz teknolojinin rolü

Mehtap ODABAŞI, Ebru BARDAŞ ÖZKAN.....65

Derleme / Review

Y Kromozomu: Adli genetik ve antropolojik çalışmalara geniş bir bakış

Y Chromosome: A broad perspective on forensic genetic and anthropological studies

Candar YILDIZ..... 83

DOI NUMBERS - DOI NUMARALARI

The impact of artificial intelligence methods on graphic design

Yapay zekâ yöntemlerinin grafik tasarımı üzerindeki etkisi

Zülali Mine NAZ, Şükrü Mustafa KAYA

10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v20i71001

Makine öğrenmesi tabanlı envanter yönetimi: Veriye dayalı karar destek sistemleri

Machine learning-based inventory management: Data-driven decision support systems

Deniz KIZILASLAN, Hakan Burak EMEKLİ

10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v20i71002

Psikobiyotiklerin beslenmedeki yeri: Yeni bir fonksiyonel besin çağı

The place of probiotics in nutrition: Ushering in a new era of functional foods

Sırmı POLAT, Berkin ÖZYILMAZ KIRCALI

10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v20i71003

Çölyak hastalığı ve beslenme ilişkisi

The relationship between celiac disease and nutrition

Aysun SAĞLAM, Ceyda Cansu IŞIK

10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v20i71004

Simulation of physiological parameters for homeostatic maintenance: The role of digital twin technology

Homeostatik denge için fizyolojik parametrelerin simülasyonu: Dijital ikiz teknolojinin rolü

Mehtap ODABAŞI, Ebru BARDAŞ ÖZKAN

10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v20i71005

Y Kromozomu: Adli genetik ve antropolojik çalışmalara geniş bir bakış

Y Chromosome: A broad perspective on forensic genetic and anthropological studies

Candar YILDIZ

10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v20i71006

The impact of artificial intelligence methods on graphic design

Zülali Mine NAZ*¹

Şükrü Mustafa KAYA²

Geliş tarihi / Received: 07.02.2025

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 20.06.2025

Kabul tarihi / Accepted: 23.07.2025

DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v20i71001

Abstract

Artificial intelligence (AI) methods are creating revolutionary changes in the field of graphic design and significantly transforming design processes. Advanced AI techniques such as deep learning, generative adversarial networks (GANs), and neural networks are used in many areas, such as automatic visual generation, style transfer, typography optimization, and providing personalized design recommendations. While these technologies accelerate the creative processes of graphic designers, they also contribute to the emergence of new aesthetic understandings and design approaches. Among the effects of AI on graphic design, time and cost advantages, personalized content production and design automation stand out. Especially thanks to GANs, AI-supported tools can analyse user inputs and create new and original designs, thus supporting and improving manual design processes. In addition, AI-supported design tools contribute to the democratization of design by allowing users to participate in design processes with less technical knowledge. In this study, the effects, advantages and disadvantages of AI methods on graphic design are examined in detail. The role of AI in artistic production processes, the new opportunities it provides for designers and its ethical dimensions are discussed, and how the interaction between graphic design and AI will take shape in the future is evaluated.

Keywords: Artificial Intelligence, AI-based Graphic Design, Graphic Design, Digital Design Age

¹* Doğu Üniversitesi, MYO, Bilgisayar Destekli Tasarım ve Animasyon Bölümü, mnaz@dogus.edu.tr, Orcid: 0000-0002-1729-6819.

² İstanbul Aydın Üniversitesi, ABMYO, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, mustafakaya@aydin.edu.tr, Orcid: 0000-0003-2710-0063.

Yapay zekâ yöntemlerinin grafik tasarımı üzerindeki etkisi

Öz

Yapay zekâ (YZ) yöntemleri, grafik tasarım alanında devrim niteliğinde değişiklikler yaratmakta ve tasarım süreçlerini önemli ölçüde dönüştürmektedir. Derin öğrenme, üretken çatışmacı ağlar (GAN'lar) ve sinir ağları gibi gelişmiş YZ teknikleri, otomatik görsel oluşturma, stil transferi, tipografi optimizasyonu ve kişiselleştirilmiş tasarım önerileri sağlama gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu teknolojiler grafik tasarımcıların yaratıcı süreçlerini hızlandırırken, aynı zamanda yeni estetik anlayışların ve tasarım yaklaşımlarının ortaya çıkmasına da katkıda bulunmaktadır. YZ'nin grafik tasarım üzerindeki etkileri arasında zaman ve maliyet avantajları, kişiselleştirilmiş içerik üretimi ve tasarım otomasyonu öne çıkmaktadır. Özellikle GAN'lar sayesinde YZ destekli araçlar kullanıcı girdilerini analiz ederek yeni ve orijinal tasarımlar yaratabilmekte, böylece manuel tasarım süreçlerini desteklemekte ve iyileştirmektedir. Ayrıca YZ destekli tasarım araçları, kullanıcıların daha az teknik bilgiyle tasarım süreçlerine katılmalarına olanak tanıyarak tasarımın demokratikleşmesine katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmada YZ yöntemlerinin grafik tasarım üzerindeki etkileri, avantajları ve dezavantajları ayrıntılı olarak incelenmektedir. Yapay zekanın sanatsal üretim süreçlerindeki rolü, tasarımcılara sağladığı yeni fırsatlar ve etik boyutları tartışılmakta ve grafik tasarım ile yapay zekâ arasındaki etkileşimin gelecekte nasıl şekilleneceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Yapay Zekâ, Yapay Zekâ Tabanlı Grafik Tasarım, Grafik Tasarım, Dijital Tasarım Çağı*

Introduction

Today, rapidly developing technology continues to transform the daily lives of humanity. Especially in the last 20 years, rapidly developing technological opportunities play an important role in the differentiation and development of graphic design processes and the design responsibilities and design methods of graphic designers. With the emergence of new technological opportunities in the 21st century, a significant development and transformation era has occurred in all design fields, and the methods of designers to produce their designs, convey the desired message to professional media, and communicate with the target audience have rapidly changed and become digital. Technology, which continues to change and develop day by day, should show that; solving complex design problems that occur in the production process, designing the design process easier compared to the past, has greatly enabled real-time design and sharing in terms of the designer and the work. Throughout history, designers have strived to create innovative designs with the innovations brought by the period they live in, and have continued to create their works in line with the latest tool, technology, and the technological opportunities it brings.

The digital age has led to revolutionary transformations in the field of graphic design, redefining creativity and design processes. The transition from traditional design techniques to digital platforms has provided graphic designers with a faster, more flexible and innovative environment, while also increasing competition in the sector. Software tools such as Adobe Creative Cloud, cloud-based design platforms and artificial intelligence-supported creative applications are among the fundamental elements that have expanded both the scope and impact of graphic design. Digital design has not only increased creativity, but also provided a global interaction environment, allowing brands to reach their target audiences more effectively. User-friendly tools such as Canva allow even non-professionals to create visual content, which is described as the democratization of graphic design. However, these developments also bring new challenges for industry professionals; the need to keep up with innovations and master technology has become important. In order to understand the effects of the digital age on graphic design, it is necessary to examine not only technological developments, but also the reflections of these developments on creativity, design principles and elements, and the understanding of aesthetics. The ever-changing dynamics of technology

are shaping the future of graphic design and showing that innovations in this field offer unlimited possibilities.

The aim of this study is to identify and analyse in detail the effects, advantages and disadvantages of AI methods on graphic design. The role of artificial intelligence in artistic production processes, the new opportunities it provides to designers and its ethical dimensions are discussed and how the interaction between graphic design and artificial intelligence will be shaped in the future is evaluated.

Related works

In the studies of Kanmaz and his friends, rapidly developing technological opportunities in the last 20 years play an important role in the differentiation of graphic design processes. With the new formation of the 21st century, changes have occurred in the field of graphic design and the habits of graphic designers have become digital. The opportunities brought by technology and graphic design today show that; solving problems, creating design methods easier compared to traditional methods and real-time sharing and designing have been provided compared to past design methods. Designers have continued to create their works in every field of design and graphic design with the latest tools, technological methods and developing their designs thanks to technological opportunities (Kanmaz and Pehlivan, 2024).

Karaçeper states in his study that developing technology has entered every area of our lives today and has significantly affected the field of graphic design. Especially technology, which is present in every area of our lives, has made differences in many areas of graphic design as well as daily life and has reshaped the traditional methods in this field and enabled us to use them more efficiently (Kaya and Akcay., 2022). Although some traditional methods continue to exist in today's designs, technological and computer-aided design, which is a necessity of our age, has come to the fore and progress has been made (Karaçeper, 2018).

Uncu, in his study, has experienced significant changes in design with the rapid development of the digital age, and developing technological opportunities have changed the ongoing methods by exceeding the limits of traditional media. Changing traditional methods have offered new opportunities in creating a new design form. These new opportunities have also offered new opportunities in the business world and brought

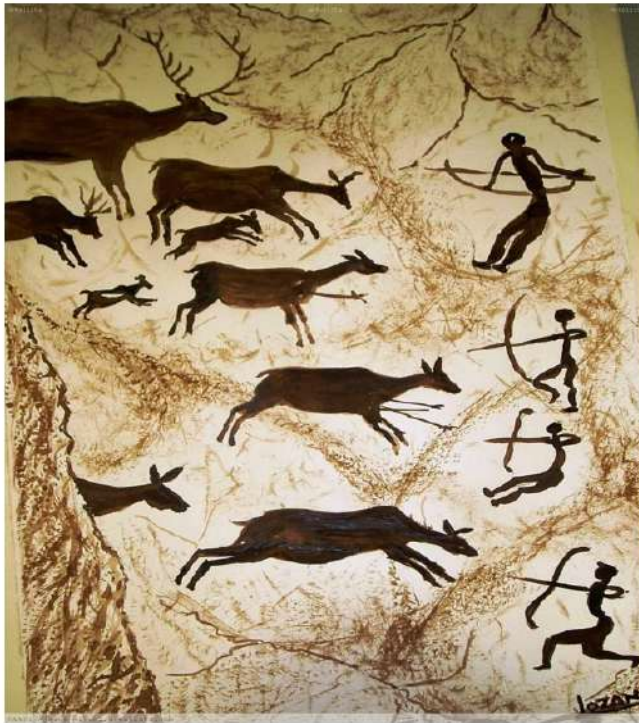
with them some difficulties (Uncu, 2024). These difficulties experienced are constantly evolving and the adaptation process of designers to these developments should be in line with the innovations that emerge. Pala Öztürk's study on the adaptation process states that the digital developments experienced require acceleration and adaptation in direct proportion to the human lifestyle. In the period we live in, where technological methods have accelerated more than ever, human beings are trying to adapt to newly emerging technological methods (Pala Öztürk, 2023). Karaman is closely related to the adoption of digital methods in order to increase the value quality of design and to ensure productivity and social well-being. In this direction, many institutions have strengthened their long-term business policies focused on digital transformation and developed strategic foresight studies. Digital transformation has become an inevitable part of the design and business world (Karaman, 2024).

In his work, Çeken uses algorithms so that artificial intelligence computers can easily perform tasks that they consider complex, make decisions, learn, and designers can produce design processes. Today, artificial intelligence is used in art, design, health, education, and many other areas, and this is also transforming graphic design (Kaya et.al., 2021). While traditional design processes were at the forefront in the past, with the increasing use of developing technology and artificial intelligence methods, designer creativity and human originality have begun to be replaced by instructions given to artificial intelligence, and in this direction, artificial intelligence can produce different design alternatives in seconds compared to traditional methods (Çeken and Terzi, 2024). On this subject, Sönmez has presented different methods than traditional methods in his study on artificial intelligence. Artificial intelligence has facilitated design processes by examining data and creating new and different designs. Artificial intelligence technology, which is a developing part of design, continues to be used rapidly in the field of graphic design and this use is increasing day by day. However, artificial intelligence can limit the responsibilities and roles that designers undertake in design. It also brings about important discussions and question marks among designers in terms of creativity (Sönmez, 2024). In addition to this subject, Deveci's work, the history of art is full of a series of experiences that show that the artist has always obtained works inspired by the great masters of the past. Today, similarly, artificial intelligence programs are developing starting from imitation in production pieces. These artificial intelligence systems, dialectical

applications between classical rules and visual aesthetics, learn the understanding of perfection and artistic beauty, and reshape the products or designs produced (Kaya et.al., 2022). This process can be questioned in different ways by combining or destroying existing ones. Production with artificial intelligence reveals itself in the production of these dialectical processes. In this context, files and reports automatically by artificial intelligence, we now need to re-evaluate the role of the artist or designer Deveci (2022).

Transformation and graphic design with digital methods

- *The formation of graphic design:* Graphic design can be defined as a visual tool that effectively, explanatorily, informatively and clearly presents a subject to the other party. We can say that the main purpose of graphic design is to convey a message in a clear, effective and aesthetic way. Graphic design, which proves that it is also a subject in plastic arts and painting, contains many visual expressions and these are applications such as pictures and typography studies aimed at expression (Naz, 2021).



*Figure 1: Examples of the first cave paintings (2025)
(URL-1)*

The formation of graphic design dates back to very old times, even before the era of writing, when communication and communication methods were not developed. The first examples of graphic design are cave paintings, as presented in Figure 1, which are drawings created without any aesthetic concern and without adhering to visual hierarchy and design principles in order to provide information about people's hunting methods, lifestyles, nature and daily lifestyles. These drawings are the first visual examples of the formation of graphic design as symbols. Another important example of communicating with visual symbols to give information is the hieroglyphs in Ancient Egypt. Hieroglyphs are also one of the first systems that laid the foundations of graphic design by combining the written and visual language of graphic design. In the Middle Ages, graphic design began to take shape with religious texts and manuscripts. Manuscripts were mostly used to write sacred texts (such as the Bible) in the Christian faith. These manuscripts were works equipped with detailed, finely ornamented and carefully drawn pictures. It is seen that these works have made significant contributions and developments in the aesthetic design hierarchy of graphic design history. Until the period before the invention of the printing press, all books were in the form of manuscripts, and in those times, the reproduction of books was not done by printers as it is today, but by specially trained slaves, especially in the Greeks, just like in the Romans. Since the designed books were in the minority in terms of variety and had religious content at that time, book writing began to be carried out more as a church duty. The influence of the church on the art of manuscripts continued throughout the Middle Ages. Towards the end of the Middle Ages, with the invention of paper, the use of paper in book production started a new era in the history of graphic design.

At the beginning of the twentieth century, radical changes occurred in people's lives due to the effects of world wars and technological developments and changes. Monarchy collapsed and was replaced by new forms of government such as democracy, socialism, and communism. In addition to these radical changes, many changes in technology and science took place in this period(Kaya et.al., 2023). Developments such as the invention of airplanes, Quantum Theory, and Freud's introduction of psychoanalytic thought occurred in this period. In all this confusion, movements such as Cubism, Surrealism, Dadaism, and Constructivism, which opposed social order and traditions, emerged. The effects of these movements, the Dadaists, Cubists, and other emerging movements, were

effective in graphic design and graphic art finding an identity (Naz, 2021).
- *Evolution and turning points of graphic design*: When the historical process of graphic design is considered; as presented in Figure 2, the printing press invented by Gutenberg was a revolutionary development. Thanks to the printing press, designs were made accessible to a wide audience and became one of the basic elements and requirements of graphic design. This played a major role in the development of book designs, brochures, posters and all other designs under the title of graphic design. After the industrial revolution, it is seen that innovative approaches and searches in design, architecture and even literature changed rapidly. Especially in graphic design, there was an increase in innovative approaches, the desire to reach the target audience directly and the desire to convey the desired message to a much wider audience.

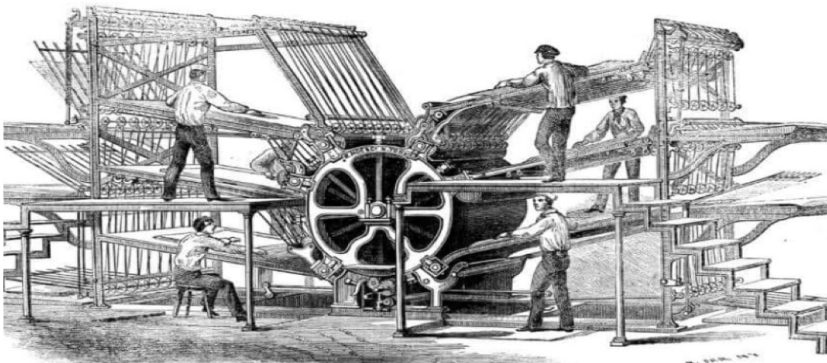


Figure 2: Gutenberg, the first printer (2025) - (URL-2).

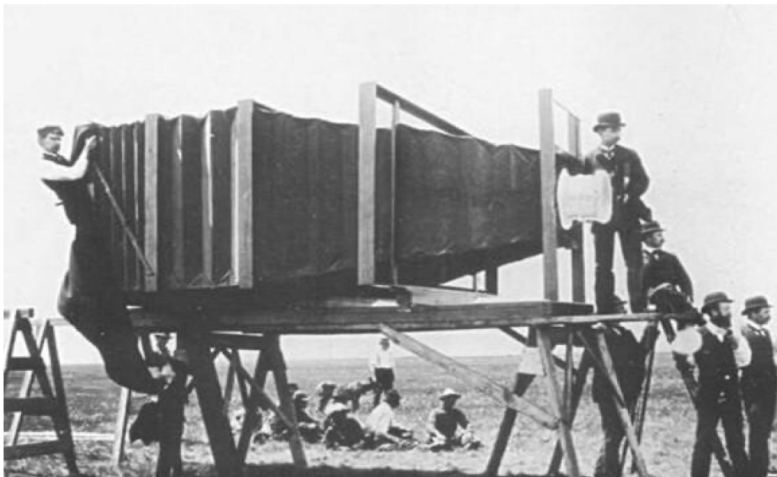


Figure 3: The first camera (2025) - (URL-3).

One of the important points for the history of graphic design was the invention of the camera after the industrialization period as presented in Figure 3. Before the invention of photography, the design process was designed by drawing by hand or by applying certain engraving methods. With the invention of photography, posters, product shots and catalog designs came to the fore. Thanks to the trends that emerged with the invention of the camera, painters also started to work in the field of graphic design, examples were given where graphic design and art were intertwined. With the invention of photography, the need for communication in design was met. In this way, graphic design became an indispensable part of technological elements. The idea of “functional and visually compatible”, which emerged after the revolution of “integration of art, craft and technology” in design with the Bauhaus school at the beginning of the 20th century, along with the printing press, camera and developing possibilities, began to be adopted more with the integration of new technologies into the production of visual communication designs with the radical transformation that began after the digital age was introduced in the 1990s. In this process, graphic designers played an important role in the transition between the two disciplines and pursued a technologically informed aesthetic (Eskilson, 2007:396). Now, design, aesthetics and technological possibilities have merged into a whole and are reflected in graphic design.

-Transformation with digital methods: Art is a phenomenon that has been going on since the existence of humanity and has evolved over time. Throughout history, people have used different branches of art to express the world, nature and themselves. Art has always benefited from today's technology. The acceleration observed in the speed of development of technology with the 21st century has also been reflected in the field of art; the meaning, content and function of art have changed as much as the production methods (Naz and Kaya., 2025).

The era we live in is a period in which digital art and digital artists are increasingly coming to the fore with the developments in technology. Although art and technology have interacted at every stage of history, today, with the innovations and opportunities observed in the digital field, the popularity of interaction has increased as well as the speed of its spread. Art has gained a new form and has begun to be applied with new techniques (Eke and Yücel, 2023).

The rapid rise of digital media has caused significant transformations in the field of visual design and fundamentally changed design processes. The process of digitalization has gone beyond the boundaries of traditional media and offered designers new opportunities, allowing for the creation of a new aesthetic language. This transformation has not only affected design processes but also created new opportunities and some challenges in the business world. Adaptation of design to digital platforms refers to the process of adapting traditional design principles to digital environments. This adaptation has been realized with the aim of improving user experience, ensuring brand consistency and making the most of the features of digital platforms (Uncu, 2024).

Art and technology are concepts that affect each other and art changes with technology. The concept of digital art has emerged as a phenomenon that has increased its effectiveness in the 2000s. In general, the re-formation of art with computer techniques has given birth to digital art. Digital art has caused interdisciplinary rapprochement, and art, design and technology have begun to find the power of expression together (Atan, 2015).

There is a direct relationship between art history and technological transformation. Over time, artists have begun to produce works of art using new techniques and materials as technology has advanced. In particular, with the development of computer technology, artists have had the opportunity to produce works of art that could not be produced with computer support (Kızılaslan and İsmailoğlu, 2021).

Digital methods are the most important effects of graphic design, thanks to the innovations brought by the age, design has evolved and graphic designers have moved away from the position of designers who only design with pencil, paper and paint as in the periods when traditional methods were used, and with the opportunities brought by digital transformation, there have been changes in design methods. Today, graphic designers use almost no traditional design methods. With the influence of digital methods, the term Graphic Design has changed and developed in terminology with the development of the digital age, with the works designed being called Digital Product and the Designer being called Digital Product Designer, Social Media Manager, Visual Designer, Digital Artist etc.

Graphic design has left traditional methods to technological methods with the development of digital transformation. Thanks to the computer technology

that developed after the industrial revolution, the most important design element of graphic design has become the computer, and thus revolutionary changes have occurred in art design, visual design, communication, graphic design and all other design fields. Graphic designers and artists who started to use computers as a design production method have been able to produce their designs, which they had designed with difficulty for long periods of time with traditional methods, in a much shorter time with the opportunities brought by digital transformation, saving time and creating more efficient designs without physical strength. Therefore, this convenience that digitality brings to design has pushed designers to digitalization and the demand for this field has increased even more. These developments, which have developed, grown and become more efficient than traditional methods, have rapidly changed new art trends and design methods. In addition to all these developments, the barrier to reaching the masses has been eliminated thanks to the widespread use of the internet. The internet network that came with the digital transformation has opened the doors to a new era in graphic design by allowing designs designed with computers to be disseminated and presented in digital environments and to reach a much larger audience than targeted, and this era has gained a unifying, conscious and informative function for people.

Digital artists and designers; While making use of the emerging digital platforms while creating their works, they are also tasked with pushing the boundaries of technology in order to create today's art. While these artists and designers explore the effects of developing technologies and the understanding of digital art and design, they also take into account the technological, artistic and social developments triggered in different digital media formats (Ryan, 2011). With the development of devices (computers, tablets) produced in line with the development of technology and the spread of their usage rates, smart devices and programs used in design (Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, Adobe InDesign) have reduced the design production times of designers in the field of graphic design to a minimum level and provided the opportunity to present the message intended to be conveyed in the design to the target audience more successfully visually and technically. Nowadays, graphic designers and artists can reach the whole world in a second on any day and time period they want by publishing their designs over the internet (via various social media applications) without being bound by space and area limitations, and can transfer information and art with many users.

The impact of artificial intelligence on graphic design

Artificial intelligence is an operating system that analyzes the algorithms given to it and creates various visual outputs. It provides an interdisciplinary and versatile field of study. A multidisciplinary approach based on mathematics, computer science, linguistics is used in psychology, art, design and other fields (Rezk, 2023).

There is a direct relationship between art history and technological transformation. Over time, artists have begun to produce works of art using new techniques and materials as technology has advanced. In particular, with the development of computer technology, artists have had the opportunity to produce works of art that could not be produced with computer support (Kızılaslan and İsmailoğlu, 2021).

The graphic design process includes creativity, knowledge, and aesthetics. The graphic designer uses this knowledge and experience when creating his designs. The difference between artificial intelligence design applications and graphic designers emerges at this point. Since the grid system is used in publications such as magazines and newspapers with daily, weekly, and monthly publication periods, it may be important to create fast and accurate data input on the specified design template. At this point, supporting with artificial intelligence applications can contribute to the rapid progress of the work (Karaata, 2018).

When the advantages and disadvantages of artificial intelligence in the context of graphic design are examined, it is seen that the advantages are endless. Among the advantages: errors are reduced, it can efficiently automate human tasks in routine tasks, it saves time. The disadvantages: there are not many resources for experienced designers, the best resources are expensive, it can negatively affect our creative thinking skills, it makes us lazier, etc. (Rezk, 2023).

Technology has played an important role in the evolution of visual arts and graphic design since the early days of civilization, and artists have always used the technology available at that time to express their feelings and thoughts. Today, artificial intelligence has the power and potential to create a major revolutionary change in the fields of art and graphic design. The development of artificial intelligence is making great progress, especially in terms of accelerating, diversifying and automating creative processes. Artificial intelligence software and systems offer graphic designers

significant advantages in visualizing complex data and developing new ideas, allowing the design to be created more quickly. In this way, graphic designers can leave routine work behind and focus entirely on creative processes. However, the role of artificial intelligence in the design process has not yet developed enough to replace human creativity. Artificial intelligence has difficulty in fully creating the emotional depth and meaning of graphic design. The value of a design is often shaped by the personal interpretation and meaning that the designer adds to the work. Artificial intelligence cannot imitate this human-specific creative understanding; however, it provides graphic designers with new ideas and perspectives thanks to the multiple alternatives it offers. This capacity indicates the possibility of producing more creative and effective designs in the future. The combination of human intelligence and artificial intelligence carries significant innovative potential in the field of visual arts and graphic design. However, this process needs to be managed responsibly. Artificial intelligence should not harm the essence of the design idea; on the contrary, it should be used as a tool that enriches and develops the designer's creative process. Ethical responsibilities should be taken into account in the use of artificial intelligence in graphic design, and the fundamental values of design, human creativity and originality should always be kept at the forefront. In the future, the balance between artificial intelligence and human creativity will become increasingly critical in visual arts. The speed and variety offered by artificial intelligence will allow graphic designers to create more freely; however, the final design will be shaped by the human's interpretation based on emotional and cultural context. The success of this collaboration depends on how artificial intelligence will be integrated into graphic design processes and how graphic designers will use this technology as a tool. In summary, the interaction between artificial intelligence and human creativity will shape the future world of graphic design and have the potential to redefine the nature of art.

Conclusion

With the technological developments that continue to develop every passing day, computer technologies and digital transformations, which are effective on graphic design as well as in all design areas, continue to spread rapidly all over the world with the opportunities and speed they provide to today's designers. While digital transformation was initially used only to facilitate the production process, thanks to today's technological opportunities, technological developments have now entered art in their own right and are

becoming a tool of art. Works created with digital methods have affected every area of graphic design. The habits of traditional methods have almost disappeared because technological developments have become more efficient compared to traditional methods, and this efficiency has provided the designer with the ability to create a new form of expression in their works, to be easily understood by the desired audience, the desired message and to reach a much wider audience.

Although the positive aspects of digital methods are quite advantageous and contribute to design, if the design elements and principles are not used correctly in order to convey the message to the right target audience, confusion and detachment from reality, and perceptual complexity in the message to be given may occur. When technological transformations come together with design principles and elements and are expressed correctly, there has been no deterioration in the main structure and no regression has been observed. Design and technological methods will constantly renew themselves together and this innovation will continue to increase the quality of time and work.

Artificial intelligence models have begun to spread rapidly in all areas with the unique innovations they have brought to the whole world. They can analyze customer preferences and goals and provide rapid suggestions to graphic designers to a great extent. With artificial intelligence, graphic designers can work faster and more efficiently compared to the difficulties of traditional methods. Artificial intelligence has a limited capacity to fully reflect human emotional perception and experience. The graphic designer has the ability to establish and express emotional connections in the design process and still maintains the advantage of this field. The role of artificial intelligence in the graphic design process should be to use it as a tool and to strengthen the perspective of the design. To put it more specifically, the graphic designer needs creative thinking skills when creating a project. Thanks to developing computer technologies and applications, the perception that graphic designers learn and use these tools is becoming increasingly widespread. Artificial intelligence can be used as just one tool that can bring the creativity of designers who have this position to the forefront. This technology can enable graphic designers to focus their time on their more creative contributions and personal development. Therefore, in the future, artificial intelligence technologies will advance further in the field of graphic design and help graphic designers use their creativity more effectively.

Graphic designers are faced with some difficulties in transferring design knowledge due to the developing technology, digital art and artificial intelligence that are coming every passing day. Every process of art and graphic design fields requires knowledge of design principles and elements and typography, and naturally, it brings with it visual perception hierarchy, aesthetics and aesthetic concerns in addition to these technical issues, but artificial intelligence does not have such a technical knowledge. Artificial intelligence should be a tool that helps the designer in the production and design process in graphic design, and should not be in the position of the designer and the producer himself, that is, the designer. It is obvious that software and various programs with artificial intelligence cannot replace artists and graphic designers in the near future. It should be in a position where it can provide positive contributions to designers as a design tool in the design process. In summary, as a result; It is expected that artificial intelligence technology will take more place in graphic design in the future, but it has been concluded that this technological development should not replace graphic designers, but should be a tool that helps graphic designers and designers in all art-design branches to maximize their production potential.

References

- [1] Atan, A., Uçan, B., and Bilsel, Ç. (2015). Dijital sanat uygulamaları üzerine bir inceleme. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 7 (26), 1-14.
- [2] Bayram, V., and Kaya, Ş. M. (2024). İşletmelerde Açık İnovasyon Kavramının Yapay Zekâ ve IoT Teknolojisi ile İlişkisinin Sektörel Bazda İncelenmesi. *Uluslararası Akademik Birikim Dergisi*, 7(5), 977-992. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14583465>.
- [3] Bayram, V., and Kaya, Ş. M. (2024). İşletmelerde Nesnelerin İnterneti (IoT) Farkındalık Ölçeği Geliştirme Çalışması. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 9(24), 447-465. <https://doi.org/10.25204/iktisad.1434292>.
- [4] Çeken, B., and Terzi, M. F. (2024). Yapay Zeka, Grafik Tasarım ve İnsan Yaratıcılığı: İhap Hulusi Görey'in Afişleri Üzerine Bir Deneme. *İstanbul Arel Üniversitesi İletişim Çalışmaları Dergisi*, 13(26), 269-300.
- [5] Deveci, M. (2022). Yapay Zekâ Uygulamalarının Sanat ve Tasarım Alanlarına Yansıması. *Vankulu Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (9), 119-140.

- [6] Eskilson, S. (2007). *Graphic Design: A New History* (Second Edition). Yale University Press, 396-405.
- [7] Eke, N. P., and Yücel, N. (2023). Dijital Çağda Sanat ve Sanatçı: Ha:Ar Üzerine Bir İnceleme. *Akademik Sanat* (20), 62-75.
- [8] Kanmaz, Z. İ., and Pehlivan, S. (2024). Dijital Dönüşüm Çağında Değişen Paradigma ve Grafik Tasarım Süreci. *Sanat Ve Tasarım Dergisi*, 1(33), 233-252. <https://doi.org/10.18603/sanatvetasarim.1319492>.
- [9] Karaata, E. (2018). Usage of Artificial Intelligence in Today's Graphic Design. *Online Journal of Art and Design*, 6(4), 183-198.
- [10] Karaçeper, S. (2018). Dijital Teknoloji ve Grafik Tasarımda Yenilikler. *İstanbul Aydın Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Dergisi*, 4(8), 73-83.
- [11] Karaman, M. (2024). Dijital Dönüşümün Marka Logolarına Etkisi: Otomotiv Sektörü Örneği. *İletişim Bilimi Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 78-96. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10975599>.
- [12] Kaya, Ş.M., Erdem, A., and Güneş, A. (2021). A smart data preprocessing approach to effective management of big health data in IoT edge, *Smart Homecare Technology and TeleHealth*, 9-21, <https://doi.org/10.2147/SHTT.S313666>.
- [13] Kaya, Ş.M.; Erdem, A., and Güneş, A. (2022). Anomaly detection and performance analysis by using big data filtering techniques for healthcare on IoT edges. *Sakarya University Journal of Science*, 26(1), 1-13, <https://doi.org/10.16984/aufenbilder.903915>.
- [14] Kaya, Ş. M., İşler, B., Abu-Mahfouz, A. M., Rasheed, J., and AlShammari, A. (2023). An intelligent anomaly detection approach for accurate and reliable weather forecasting at IoT edges: A case study. *Sensors*, 23(5), 2426. <https://doi.org/10.3390/s23052426>.
- [15] Kaya, Ş. M., and Akçay, M. A. (2022). Image compression performance comparison of RLE and LZV algorithms for effective big data management: A case study. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 17(66), 149-160. https://doi.org/10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v17i66004.
- [16] Kızılaslan, N., İsmailoğlu, D.K. (2021). Teknolojinin ve dijitalleşmenin geleneksel Türk sanatlarına yansımaları. *İMÜ Sanat*

Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 7(1), 105-126. doi:10.46641/medeniyyetsanat.930735

- [17] Naz, Z.M. (2021). *Meslek Lisesi Mezunlarında Bilgisayar Destekli Grafik Tasarım (Bdgt) Dersinin Yeterliliği*, T.C. İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Grafik Tasarımı Anasanat Dalı Grafik Tasarımı Programı, Yüksek Lisans Tezi ss 5-7.
- [18] Naz Z.M., Kaya Ş.M.,(2025), The Impact of The Digital Age on Graphic Design and Visual Arts, International Mtskheta Scientific Research and Innovation Congress – Georgia, 2025/1/25
- [19] Pala Öztürk, D. (2023). Dijital Teknoloji ve Grafik Tasarım Eğitimi. *Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi*, 6(1), 23-31.
- [20] Rezk, S. M. M. (2023). The role of artificial intelligence in graphic design. *Journal of Art, Design and Music*, 2(1), 1, 1- 12.
- [21] Ryan, J. (2011). From Dada to the Browser: Internet Art and the Democratization of Artistic Production in the Digital Era. *The International Journal of Critical Cultural Studies* 12 (1), 41-51. <https://10.18848/2327-0055/CGP/v12i01/43744>.
- [22] Sönmez, Ü. (2024). Grafik Tasarım Tarihinde Teknolojik İlerlemeler ve Yapay Zekânın Yaratıcılığa Etkileri. *Yeni Yüzyıl'da İletişim Çalışmaları*, 2(9), 37-43.
- [23] Uncu, G. (2024). Dijital Medyanın Görsel Tasarım Süreçlerini Dönüştürmesi ve Tasarımın Dijital Platformlara Adaptasyonu. *Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi (e-gifder)*, 12 (2), 895-924.

Internet References

- [1] URL 1- <https://tr.pinterest.com/pin/361132463881564684/> (Erişim tarihi: 25.01.2025)
- [2] URL 2- <https://www.halildurmus.com/2020/02/23/bugun-ne-oldu-ilk-matbaaci-gutenberg/> (Erişim tarihi: 27.01.2025)
- [3] URL 3- <https://www.fotovizyon.net/ilk-fotograf-makinesi/> (Erişim tarihi: 29.01.2025)

Makine öğrenmesi tabanlı envanter yönetimi: Veriye dayalı karar destek sistemleri

Deniz KIZILASLAN¹
Hakan Burak EMEKLİ^{2*}

Geliş tarihi / Received: 17.06.2025

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 17.06.2025

Kabul tarihi / Accepted: 20.06.2025

DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v20i71002

Özet

Günümüz perakende sektöründe envanter yönetimi, sadece ürün bulunabilirliğini sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda müşteri memnuniyetini artırmak ve operasyonel maliyetleri azaltmak açısından kritik bir rol oynamaktadır. Hızla değişen tüketici talepleri ve artan ürün çeşitliliği, doğru zaman ve miktarda stoklama kararlarını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, geleneksel planlama yöntemlerinin ötesine geçilerek, veriye dayalı ve öğrenen sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışma, haftalık bazda mağaza stoklarını tahmin etmeye yönelik makine öğrenmesi tabanlı bir model geliştirmektedir. Gerçek satış ve stok verileri kullanılarak oluşturulan veri seti, eksik ve aykırı değerlerden arındırılmış; kategorik değişkenler uygun biçimde dönüştürülerek tahmin modellerine hazır hâle getirilmiştir. Ridge Regression ve Random Forest algoritmaları karşılaştırmalı olarak uygulanmış, hiperparametre optimizasyonu yapılmış ve modeller farklı hata metrikleriyle değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre, Ridge Regression algoritması, özellikle lineer yapılı ve çoklu korelasyon içeren veri setlerinde daha yüksek doğrulukta ve istikrarlı tahminler üretmiştir ($R^2 = 0.92$, RMSE = 17.6). Random Forest modeli doğrusal olmayan ilişkileri öğrenme potansiyeline sahip olsa da bu çalışmada Ridge Regression modeline kıyasla daha düşük performans göstermiştir. Tahmin sonuçlarının gerçek stok verileriyle yüksek oranda

¹ İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği, denizkizilaslan@stu.aydin.edu.tr; Orcid: 0009-0009-7128-4075

^{2*} İstanbul Aydın Üniversitesi, Anadolu Bil MYO, Bilgisayar Programcılığı, hakanemekli@aydin.edu.tr; Orcid: 0000-0002-6503-1284

örtüşmesi, geliştirilen sistemin karar destek aracı olarak etkin şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu çalışma yalnızca akademik bir katkı sunmakla kalmamakta, aynı zamanda pratikte uygulanabilir; doğru ve zamanında stok tahmini yapabilen dinamik bir makine öğrenmesi çözümü de önermektedir. Doğru stok tahminleri sayesinde gereksiz stok maliyetleri azaltılmakta, ürün bulunabilirliği artırılmakta ve tedarik zinciri süreçleri daha verimli hâle gelmektedir. Bu yönüyle çalışma, makine öğrenmesi destekli sistemlerin, envanter yönetiminde geleneksel yöntemlerin yerini alabilecek etkili araçlar olduğunu güçlü bir biçimde ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Envanter Yönetimi, Karar Destek Sistemleri, Makine Öğrenmesi, Ridge Regression, Random Forest*

Machine learning-based inventory management: Data-driven decision support systems

Abstract

Inventory management in today's retail sector plays a critical role not only in ensuring product availability but also in enhancing customer satisfaction and reducing operational costs. Rapidly changing consumer demands and increasing product variety make it challenging to make accurate decisions regarding stock levels and timing. Therefore, there is a growing need for data-driven and adaptive systems that go beyond traditional planning methods.

This study proposes a machine learning-based model designed to forecast weekly store inventory levels. The model was trained on real sales and stock data, which were cleaned of missing and outlier values, and categorical variables were appropriately transformed for model compatibility. Ridge Regression and Random Forest algorithms were applied comparatively, with hyperparameter optimization conducted, and model performance evaluated using various error metrics.

According to the findings, the Ridge Regression algorithm produced more accurate and stable predictions, especially for data sets with linear structures and multicollinearity ($R^2 = 0.92$, $RMSE = 17.6$). While the Random Forest model showed potential in capturing non-linear

relationships, it delivered lower overall performance compared to Ridge Regression in this case. The close alignment between prediction results and actual stock values demonstrates the model's viability as an effective decision support tool.

This study not only contributes to academic literature but also offers a practical, dynamic machine learning solution capable of delivering accurate and timely stock forecasts. By improving forecast accuracy, unnecessary inventory costs are reduced, product availability is enhanced, and supply chain processes become more efficient. In this regard, the study strongly supports the potential of machine learning-based systems to replace traditional methods in inventory management.

Keywords: *Inventory Management, Decision Support Systems, Machine Learning, Ridge Regression, Random Forest*

Giriş

Günümüzün yoğun rekabet içeren perakende sektöründe envanter yönetimi, işletmelerin kârlılığı, müşteri memnuniyeti ve operasyonel verimliliği açısından stratejik bir öneme sahiptir. Ürün çeşitliliğinin giderek artması ve tüketici taleplerinin hızlı bir şekilde değişmesi, işletmelerin doğru ürünü doğru zamanda ve doğru miktarda stokta bulundurmasını zorunlu kılmaktadır. Bu noktada, hatalı stok planlamaları hem müşteri kayıplarına hem de ciddi maliyet artışlarına yol açabilmektedir. Ancak geleneksel envanter planlama yöntemleri, bu dinamik ve karmaşık yapıyı yeterince esnek, hızlı ve doğru bir şekilde yönetmekte yetersiz kalmaktadır.

Bu bağlamda, Makine öğrenmesi tabanlı yaklaşımlar, büyük veri analitiğiyle birleşerek envanter yönetimine yenilikçi ve etkili çözümler sunma potansiyeli taşımaktadır. Makine öğrenmesi destekli sistemler; geçmiş satış verileri, müşteri davranışları, mağaza özellikleri ve dönemsel trendler gibi çok boyutlu verileri analiz ederek gelecekteki stok ihtiyaçlarını daha isabetli bir şekilde öngörebilmektedir. Böylece hem aşırı stok birikimi hem de stok yetersizlikleri önlenerek tedarik zincirinin verimliliği artırılabilir.

Bu çalışma kapsamında, Python ortamında geliştirilen ve MongoDB veritabanından alınan satış ve stok verileri ile eğitilen bir makine öğrenmesi destekli stok tahminleme modeli sunulmaktadır. Veri ön işleme sürecinde veriler haftalık bazda gruplanmış, eksik ve aykırı değerler temizlenmiş,

kategorik değişkenler one-hot encoding yöntemiyle dönüştürülmüştür. Modelleme aşamasında ise Ridge Regression ve Random Forest algoritmaları karşılaştırmalı olarak kullanılmış, hiperparametre optimizasyonu GridSearchCV yöntemiyle gerçekleştirilmiştir (Hoerl & Kennard, 1970).

Çalışmanın temel amacı; doğru stok tahminleri ile tedarik zinciri süreçlerini iyileştirmek, maliyetleri azaltmak ve müşteri memnuniyetini artırmaktır. Elde edilen bulgular, makine öğrenmesi tabanlı yaklaşımların geleneksel yöntemlere kıyasla daha esnek, ölçeklenebilir ve yüksek doğrulukta çözümler sunduğunu ortaya koymaktadır.

Problem tanımı

Perakende sektöründe stok yönetimi, işletmelerin hem müşteri memnuniyetini sağlama hem de operasyonel verimliliği sürdürebilme açısından kritik bir süreçtir. Hatalı stok seviyeleri, bir yandan ürün bulunabilirliğini engelleyerek satış kayıplarına yol açarken; diğer yandan fazla stok nedeniyle maliyetleri artırarak kaynakların verimsiz kullanılmasına sebep olmaktadır. Özellikle ürün talebinin dönemsel olarak dalgalandığı, müşteri profillerinin çeşitlilik gösterdiği ve kampanyalar ile özel günlerin satışlar üzerinde doğrudan etkili olduğu durumlarda, geleneksel envanter planlama yöntemleri yetersiz kalmakta ve bu da karar süreçlerinde belirsizliklere neden olmaktadır.

Bu çerçevede çözülmesi gereken temel problem, geçmiş verilere dayalı olarak gelecekteki stok ihtiyacını doğru şekilde öngörebilecek bir modelin geliştirilmesidir. Problem yalnızca geçmiş satış verilerinin analizi ile sınırlı olmayıp; mağazanın fiziksel özellikleri (örneğin metrekaresi büyüklüğü), müşteri segmenti (profil türü), özel gün ve kampanya etkileri ile reyon bazlı stok dağılımları gibi birçok faktörün bütüncül olarak değerlendirilmesini gerektirmektedir.

Bu çalışmanın odaklandığı problem, stok miktarlarının haftalık bazda en doğru şekilde tahmin edilerek hem eksik stok hem de fazla stok durumlarının önlenmesini sağlamaktır. Bu doğrultuda, veriye dayalı bir yaklaşımla yapay zeka algoritmalarının kullanılması, stok tahmini problemine daha hassas, ölçeklenebilir ve esnek çözümler sunmayı amaçlamaktadır. Böylece, hem tedarik zinciri yönetiminin optimizasyonu sağlanacak hem de müşteri ihtiyaçlarının zamanında ve eksiksiz karşılanması mümkün hale gelecektir.

Materyal ve yöntem

Bu çalışmada kullanılan veri seti, orta ölçekli bir zincir mağazasına ait satış ve stok kayıtlarından oluşmaktadır. Veriler, MongoDB veritabanı üzerinden elde edilmiş olup, satış adedi, stok miktarı, ürün özellikleri (ürün kodu, renk, beden gibi), mağaza bilgileri (depo kodu, metrekaresi alanı gibi) ve tarihsel bilgiler (hafta bazında) içermektedir. Veri seti 2023 ve 2024 yıllarına ait haftalık periyotları kapsamaktadır.

Veri ön işleme sürecinde ilk olarak eksik ve aykırı değerler tespit edilip temizlenmiş; ardından veriler haftalık bazda gruplanarak zaman serisi analizine uygun hale getirilmiştir. Kategorik değişkenler (örneğin: depo kodu, ürün tipi vb.) one-hot encoding yöntemiyle sayısal formata dönüştürülmüş; böylece makine öğrenmesi algoritmalarıyla işlenebilir hale getirilmiştir (James, Witten, Hastie, & Tibshirani, 2013). Özellik mühendisliği kapsamında korelasyon matrisi yardımıyla değişkenler arası ilişkiler analiz edilmiş ve modele anlamlı katkı sağlayan değişkenler belirlenerek modele dahil edilmiştir.

Modelleme sürecinde hem doğrusal hem de doğrusal olmayan yaklaşımlar test edilmiştir. Ridge Regression algoritması doğrusal ilişkileri modellemek amacıyla kullanılırken, Random Forest regresyon algoritması ise daha karmaşık ve çok boyutlu ilişkileri öğrenme potansiyeli nedeniyle tercih edilmiştir (Chen & Guestrin, 2016). Her iki model için hiperparametre ayarları GridSearchCV yöntemiyle optimize edilmiştir. Eğitim ve test verileri %80 - %20 oranında ayrılmış, modeller bu ayrım üzerinden değerlendirilmiştir.

Modellerin performansı; Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Kare Hata (MSE), Kök Ortalama Kare Hata (RMSE), R-Kare (R^2) ve Açıklanan Varyans Skoru (Explained Variance Score) metrikleriyle değerlendirilmiştir (Hastie, Tibshirani & Friedman, 2009). Bu metrikler sayesinde modellerin tahmin doğruluğu karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Son olarak, Python ortamında eğitilen modeller .pkl uzantılı dosyalar halinde kaydedilmiş ve Flask tabanlı bir API aracılığıyla gerçek zamanlı tahmin sistemi kurulmuştur. Kullanıcılar sistem üzerinde hafta, yıl ve mağaza/depo bilgilerini girdiklerinde, sistem bu veriler üzerinden stok tahmini sunmaktadır. Böylece karar vericilere dinamik ve veri odaklı bir karar destek sistemi sağlanmıştır.

Veri

Bu çalışmada, perakende sektörüne ait mağaza bazlı satış ve stok verileri kullanılmıştır. Veri seti, 2023 ve 2024 yıllarının belirli haftalarını kapsamakta olup, farklı mağazalardan toplanan ürün stokları, satış adetleri ve mağaza özelliklerine ilişkin bilgileri içermektedir. Veriler, MongoDB veritabanından çekilmiş ve detaylı veri ön işleme adımlarından geçirilmiştir. Veri seti, mağazalar arasındaki stok durumlarının ve satış trendlerinin analizine olanak tanıyan çok sayıda kayıt içermektedir.

Şekil 1’de örnek veri setinin yapısı ve içerdiği değişkenler detaylandırılmıştır. Bu tablo, haftalık periyotlarda ürünlerin stok ve satış performanslarının yanında kampanya durumu, mağaza büyüklüğü gibi ek özellikleri de içermektedir. Böylece, çalışmada kullanılan makine öğrenmesi modelleri için zengin ve çok boyutlu bir veri kümesi sağlanmıştır.

Week	SalesQty	StockQty	StoreSize	IsCampaign	Color_Black	Color_Blue	Color_Red	Gender_F	Gender_M	ItemType_Jacket	ItemType_Jeans	ItemType_TShirt
2024-W01	35	120	280	0	0	0	1	1	0	0	0	1
2024-W01	20	80	150	1	0	1	0	0	1	0	1	0
2024-W02	40	100	280	0	0	0	1	1	0	0	0	1
2024-W02	15	60	100	1	1	0	0	0	1	1	0	0

Şekil 1. Veri seti.

Şekil 2’de bu kategorik değişkenler one-hot encoding yöntemi ile sayısal vektörlere dönüştürülmüştür. Örneğin, ColorCode değişkeni, Color_Black, Color_Blue ve Color_Red şeklinde ayrı sütunlara ayrılmış ve her satırda sadece ilgili rengin olduğu sütun 1, diğerleri 0 olarak işaretlenmiştir. Benzer şekilde Gender ve ItemType değişkenleri de sayısal sütunlara çevrilmiştir.

Bu dönüşüm, modellerin kategorik bilgiyi anlamasını ve kullanmasını sağlamaktadır.

Week	SalesQty	StockQty	StoreSize	IsCampaign	Color_Black	Color_Blue	Color_Red	Gender_F	Gender_M	ItemType_Jacket	ItemType_Jeans	ItemType_TShirt
2024-W01	35	120	280	0	0	0	1	1	0	0	0	1
2024-W01	20	80	150	1	0	1	0	0	1	0	1	0
2024-W02	40	100	280	0	0	0	1	1	0	0	0	1
2024-W02	15	60	100	1	1	0	0	0	1	1	0	0

Şekil 2. Encoding yöntemi uygulanmış veri seti.

Çalışmada kullanılan veri seti, haftalık bazda gruplanmış mağaza-stok-satış bilgilerini içermektedir. Yukarıda örneklenen tabloda yer alan değişkenler aşağıda açıklanmıştır:

Week: Verinin ait olduğu yıl ve hafta bilgisi (ISO Week formatında).

DepoKod: Mağaza veya deponun benzersiz kodudur.

ItemCode: Ürünün benzersiz tanımlayıcı kodu.

SalesQty: İlgili hafta içerisinde satılan toplam ürün adedi.

StockQty: Haftanın başındaki stok miktarı.

StoreSize (m²): Mağazanın fiziksel büyüklüğü; müşteri kapasitesiyle ilişkilidir.

IsCampaign: Ürünün kampanyalı olup olmadığını belirten ikili değişken (0: kampanya yok, 1: kampanyalı).

WeekdayHoliday: İlgili haftada resmi tatil olup olmadığını belirten ikili değişken (1: tatil var).

ColorCode / Gender / ItemType: Ürünün renk, hedef cinsiyet ve kategori bilgileri; modelde kategorik değişken olarak kullanılmaktadır.

Veri seti, farklı mağazalardaki aynı ürünün farklı haftalardaki satış ve stok davranışlarını gözlemleyebilmek için haftalık bazda hazırlanmıştır. Böylece zaman serisi analizi ve regresyon tabanlı tahminleme süreçleri daha etkin bir şekilde uygulanabilmektedir.

Kullanılan veri seti özellikleri

Stok tahmin süreci, gelecekteki stok miktarını belirlemek için hafta bazında geçmiş verilere dayalı olarak yapılmıştır. Tahmin yapmak için belirli özellikler kullanılmıştır. Bu özellikler:

- Depo Kodu: Tahminin yapılacağı mağazanın veya deponun kodu.
- Stok Miktarı: Bir önceki hafta ürünlere ait stok miktarı.
- Reyon Stok Miktarı: Reyonda bulunan stok miktarı.
- Önceki Satış Miktarı: Geçmiş hafta boyunca satılan stok miktarı.
- Müşteri Profili: Müşterilerin demografik özellikleri.
- Hafta Numarası: Tahmin edilecek hafta numarası
- Özel gün: Tahmin edilecek hafta içerisinde herhangi bir özel gün içermesi durumu

Korelasyon matrisi analizi

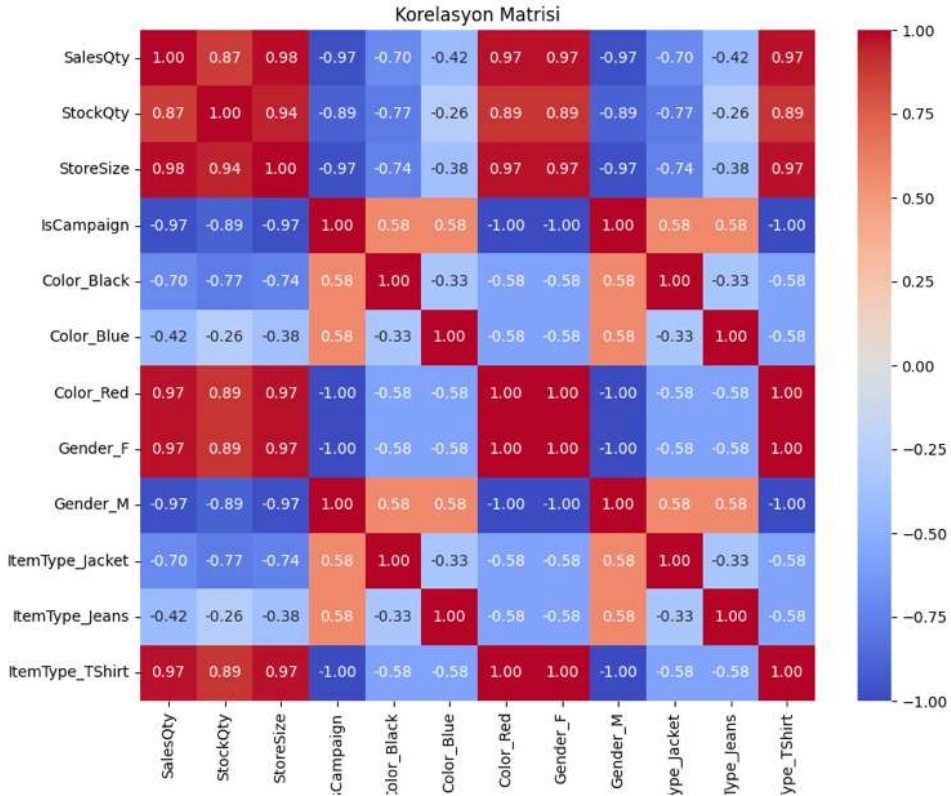
Veri setindeki sayısal değişkenler ve one-hot encoding sonrası elde edilen kategorik değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla korelasyon matrisi oluşturulmuştur. Şekil 3'te verilen ısı haritası, değişkenler arasındaki pozitif ve negatif korelasyonları görsel olarak ortaya koymaktadır.

Analiz sonucunda, satış miktarı (SalesQty) ile stok miktarı (StockQty) arasında yüksek ve pozitif bir korelasyon gözlemlenmiştir ($r \approx 0.98$).

Bu durum, satışların stok düzeyleriyle güçlü bir ilişkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, kampanya durumu (IsCampaign) ile satışlar arasında orta seviyede pozitif bir ilişki bulunmuş; bu da kampanyaların satışları artırıcı etkisini desteklemektedir.

Bunun yanında, mağaza büyüklüğü (StoreSize) de satış ve stok miktarları ile pozitif korelasyon sergilemiştir. Kategorik değişkenlerin one-hot encoding ile sayısal hale dönüştürülmüş sütunları arasında ise, zıt kategoriler olması nedeniyle negatif korelasyonlar doğal olarak gözlemlenmiştir (örneğin, farklı renk veya cinsiyet kategorileri arasında).

Bu korelasyon analizi, modelleme sürecinde anlamlı özelliklerin seçilmesine yardımcı olmuş ve stok tahmini doğruluğunu artıracak değişkenlerin belirlenmesinde rehberlik etmiştir.



Şekil 3. Korelasyon matrisi.

Model seçimi

Uygulamada farklı güçlü yönleri sahip ve en iyi performansı gösteren iki model kullanılmıştır: Ridge Regression ve Random Forest.

Ridge Regression, özellikle çok sayıda özellik bulunduğunda ve özellikler arasında korelasyon olduğunda overfitting'i engellemek amacıyla tercih edilir. Model, özelliklerin önemini düzenleyerek aşırı uyumu azaltır.

Random Forest ise, daha karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri yakalamada güçlüdür. Birden fazla karar ağacını birleştirerek tahmin performansını artırır ve değişkenler arasındaki etkileşimleri daha iyi öğrenir.

Model eğitimi ve optimizasyonu

Veri seti, eğitim ve test verisi olmak üzere ikiye bölünerek modelin performansı değerlendirildi. Eğitim seti, modelin öğrenme sürecinde kullanıldı ve test seti, modelin tahmin gücünü değerlendirmek için ayrıldı. Bu ayrım, modelin henüz görmediği veriler üzerinde performansını test etmemizi olan sağlamaktadır. Modelin %80 lik kısmı eğitim verisi, %20 lik kısmı ise test verisi olarak kullanılmıştır.

Hiperparametre optimizasyonu

Modelin performansını artırmak için hiperparametre optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Hiperparametreler, modelin eğitim sürecinde ayarlanan ancak veriden öğrenilmeyen parametrelerdir.

Ridge Regression ve Random Forest modelleri için GridSearchCV yöntemi kullanılmıştır. GridSearchCV, belirlenen hiperparametre aralıklarındaki tüm kombinasyonları dener ve çapraz doğrulama (k-kat doğrulama) yöntemi ile her kombinasyonun başarımını değerlendirir. En iyi sonucu veren hiperparametre seti seçilir.

Bu yöntem, sistematik ve optimize edilmiş bir şekilde en uygun parametreleri bulmayı sağlar.

GridSearchCV çalışma prensibi

- Hiperparametre aralıkları belirlenir.
- Tüm kombinasyonlar denir.
- Her kombinasyon için çapraz doğrulama yapılır.
- En iyi performans gösteren kombinasyon seçilir.

Performans metrikleri

Modelin doğruluğunu değerlendirmek için aşağıdaki metrikler kullanılmıştır.

- **MAE (Mean Absolute Error):** Ortalama mutlak hata miktarı.
- **MSE (Mean Squared Error):** Hataların karelerinin ortalaması, büyük hatalar için daha cezalandırıcıdır.
- **RMSE (Root Mean Squared Error):** MSE'nin karekökü, hata ölçüsünü daha anlaşılır kılar.
- **R² (R-Squared Score):** Modelin veri üzerindeki açıklayıcılık oranı, 1'e yakın değerler iyi uyumu gösterir.
- **Explained Variance Score:** Modelin tahmin ettiği varyansın gerçek veriye uyumu.
- **Median Absolute Error:** Hataların medyan değeri.

Modellerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Veri setimizin analizinde öncelikle korelasyon matrisi kullanılarak değişkenler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Korelasyon analizi, modelleme sürecinde anlamlı değişkenlerin seçilmesine ve model performansının artırılmasına olanak sağlamıştır. Özellikle satış ve stok miktarları arasındaki güçlü pozitif korelasyon ($r \approx 0.98$), bu değişkenlerin stok tahmin modellerinde önemli rol oynadığını göstermiştir.

Modelleme aşamasında Ridge Regression ve Random Forest algoritmaları karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. Hiperparametre optimizasyonu GridSearchCV yöntemi ile gerçekleştirilmiş ve her iki modelin performansı aşağıdaki metrikler kullanılarak değerlendirilmiştir: MAE, MSE, RMSE, R², Explained Variance Score ve Median Absolute Error.

Modellerin test veri seti üzerindeki performans sonuçları Şekil 4'te gösterilmiştir.

Performans Metrikleri	Ridge Regression	Random Forest
MAE (Mean Absolute Error)	12.5	15.8
MSE (Mean Squared Error)	310.2	420.5
RMSE (Root Mean Squared Error)	17.6	20.5
R ² (R-Squared Score)	0.92	0.87
Explained Variance Score	0.91	0.85
Median Absolute Error	10.8	13.9

Şekil 4. Performans değerleri.

Ridge Regression modeli, yüksek açıklayıcılık oranı ($R^2 = 0.92$) ve düşük hata metrikleriyle (MAE = 12.5, RMSE = 17.6) öne çıkmıştır. Bu model, veride bulunan çoklu korelasyonlar ve lineer ilişkiler için daha uygun ve stabil sonuçlar vermiştir.

Random Forest modeli ise doğrusal olmayan karmaşık ilişkileri yakalamada güçlü olmasına rağmen, bu veri setinde Ridge Regression kadar düşük hata değerleri gösterememiştir. Ancak değişkenler arası etkileşimleri modelleyebilme kapasitesi sayesinde alternatif ve destekleyici bir çözüm olarak değerlendirilebilir.

Bu karşılaştırma, envanter tahmin problemlerinde Ridge Regression modelinin, özellikle veri yapısının lineer ve çoklu korelasyonlu olduğu durumlarda daha başarılı sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır. Random Forest ise veri setindeki karmaşık ilişkileri modellemek için yararlı olsa da genel performansı Ridge Regression modelinin gerisinde kalmıştır.

Elde edilen bulgular, stok yönetiminde doğru model seçiminin, veri setinin yapısına ve problem özelliklerine bağlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, korelasyon matrisi gibi ön analizlerin model performansını artırmak için kritik öneme sahip olduğu doğrulanmıştır.

Bulgular

Bu çalışmada geliştirilen makine öğrenmesi tabanlı stok tahmin modellerinin performansı, hem veri ön işleme hem de modelleme aşamalarında elde edilen sonuçlar ışığında değerlendirilmiştir. Ridge Regression ve Random Forest algoritmalarının karşılaştırılması sonucunda, her iki model de stok miktarlarının tahmininde başarılı olmuş; ancak Ridge Regression modeli genel olarak daha yüksek doğruluk ve tutarlılık sağlamıştır.

Veri setinin haftalık bazda gruplandırılması, eksik ve aykırı değerlerin temizlenmesi ve kategorik değişkenlerin uygun şekilde kodlanması, modellerin performansını olumlu yönde etkilemiştir. Özellikle korelasyon matrisi yardımıyla anlamlı özelliklerin seçilmesi, model başarısını artıran önemli bir adımdır.

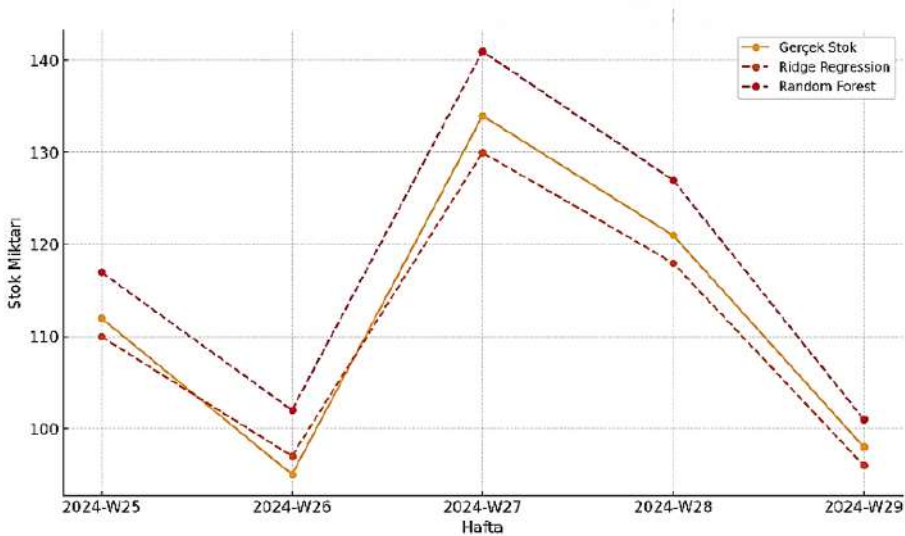
Performans metriklerine göre Ridge Regression modeli, düşük hata oranları (MAE: 12.5, RMSE: 17.6) ve yüksek açıklayıcılık değerleri (R^2 : 0.92) ile öne çıkmıştır. Bu sonuç, stok tahmininde lineer regresyon temelli modellerin güçlü bir seçenek olduğunu göstermektedir. Random Forest modeli ise doğrusal olmayan ilişkileri yakalama kabiliyeti sayesinde alternatif bir çözüm sunmakla beraber, Ridge Regression kadar yüksek performans elde edememiştir.

Model tahmin sonuçlarının gerçek stok verileriyle karşılaştırılması, önerilen sistemin envanter yönetiminde karar destek aracı olarak etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Özellikle stok fazlalığı ve eksikliklerinin minimize edilmesi konusunda yapılan tahminler, tedarik zinciri süreçlerinde optimizasyona önemli katkılar sağlamaktadır.

Model tahminlerinin gerçek stok verileriyle karşılaştırılması amacıyla, Şekil 5 ve Şekil 6'da örnek haftalar ve depo kodları için gerçek stok miktarları ile Ridge Regression ve Random Forest modellerinin tahmin sonuçları sunulmuştur. Görüldüğü üzere, her iki model de tahminlerinde genel olarak başarılı olup, Ridge Regression modelinin tahmin hatalarının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu tablo ve grafik, modellerin stok yönetimi kararlarında pratik olarak kullanılabilirliğini desteklemektedir.

Hafta	Gerçek Stok	Ridge Tahmini	RF Tahmini
2024-W25	112	110	117
2024-W26	95	97	102
2024-W27	134	130	141
2024-W28	121	118	127
2024-W29	98	96	101

Şekil 5. Gerçek ve tahmin edilen stok değerleri (Ridge ve RF Modelleri).



Şekil 6. Gerçek ve tahmin edilen stok değerleri (Ridge ve RF Modelleri).

Sonuç olarak, bu çalışma makine öğrenmesi tabanlı stok tahmin modellerinin perakende sektöründe envanter yönetimi problemlerine veri odaklı ve pratik çözümler sunduğunu ortaya koymuştur. Gelecek çalışmalarda model performansının artırılması için daha geniş veri setleri kullanılması ve farklı makine öğrenmesi algoritmalarının değerlendirilmesi önerilmektedir.

Tartışma

Bu çalışmada geliştirilen makine öğrenmesi tabanlı stok tahmin modeli, perakende sektöründe karşılaşılan envanter yönetimi problemlerine etkili bir çözüm sunmayı hedeflemiştir. Elde edilen sonuçlar, özellikle Ridge Regression modelinin stok miktarlarını doğru ve tutarlı bir şekilde tahmin etmede başarılı olduğunu göstermektedir. Bu durum, lineer modellerin stok

tahmini gibi nispeten stabil ve düzenli veri yapılarına sahip problemler için güçlü bir seçenek olduğunu ortaya koymaktadır (Hoerl & Kennard, 1970; James et al., 2013).

Random Forest modeli ise karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri yakalamada avantaj sağlasa da bu özel veri setinde Ridge Regression kadar yüksek performans göstermemiştir. Bu bulgu, veri setinin yapısı ve stok dinamiklerine bağlı olarak model tercihinin ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Gerçek dünya verilerinde, veri yapısına uygun modelin seçilmesi tahmin başarısını doğrudan etkilemektedir (Zhang & Zhang, 2019; Hastie et al., 2009).

Veri ön işleme adımlarının ve özellik seçiminin model performansını önemli ölçüde iyileştirdiği görülmüştür. Eksik ve aykırı değerlerin temizlenmesi, kategorik verilerin uygun şekilde kodlanması (one-hot encoding), korelasyon analiziyle anlamlı değişkenlerin belirlenmesi gibi işlemler, modelin genelleme yeteneğini artırarak aşırı uyum (overfitting) riskini azaltmıştır (James et al., 2013; Yusubov & Emekli, 2024). Bu durum, stok tahmin projelerinde veri kalitesinin ve doğru ön işleme tekniklerinin ne denli kritik olduğunu bir kez daha göstermektedir.

Çalışmanın pratik katkıları da önemlidir. Doğru stok tahminleri sayesinde tedarik zinciri süreçlerinde gereksiz stok birikimi önlenmekte, maliyetler düşmekte ve ürün bulunabilirliği artırılmaktadır. Bu da hem müşteri memnuniyeti hem de işletme verimliliği açısından doğrudan olumlu sonuçlar doğurmaktadır (Chopra & Meindl, 2016).

Bununla birlikte, modelin başarısı kullanılan veri setinin kapsamı ve kalitesiyle sınırlıdır. Gelecekte farklı mağaza tipleri, bölgesel dağılımlar, özel kampanya etkileri ve ekonomik göstergeler gibi daha çeşitli veri kaynaklarının modele entegre edilmesiyle tahmin doğruluğunun artırılması mümkündür. Ayrıca, bu tür problemler için XGBoost gibi boosting algoritmaları (Chen & Guestrin, 2016) veya LSTM gibi zaman serisi odaklı derin öğrenme yöntemlerinin kullanılması da gelecek çalışmalar açısından önemli bir fırsat alanı sunmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma makine öğrenmesi destekli stok tahmin modellerinin envanter yönetiminde veri odaklı karar destek sistemlerinin temelini oluşturduğunu ve işletmelerin operasyonel verimliliğini artırmada etkili bir araç olduğunu göstermektedir.

Sonuç

Bu çalışmada, perakende sektöründe envanter yönetimi problemlerine yönelik olarak makine öğrenmesi tabanlı bir stok tahmin modeli geliştirilmiştir. Ridge Regression ve Random Forest algoritmalarıyla oluşturulan modeller, kapsamlı veri ön işleme ve özellik seçimi adımlarıyla desteklenerek değerlendirilmiştir.

Analiz sonuçları, Ridge Regression modelinin daha üstün performans sergilediğini göstermiştir. Ridge Regression modeli, ortalama mutlak hata (MAE) değeri 12.5 ve kareler ortalaması hatası (MSE) 310.2 ile daha düşük tahmin hatalarına ulaşırken, R^2 skorunun 0.92 olması modelin stok tahminlerinde yüksek doğruluk ve tutarlılık sağladığını ortaya koymaktadır. Buna karşılık, Random Forest modeli doğrusal olmayan ilişkilerde avantaj sağlamasına rağmen, MAE 15.8, MSE 420.5 ve R^2 skorunun 0.87 olması sebebiyle genel performans bakımından Ridge Regression'ın gerisinde kalmıştır.

Geliştirilen stok tahmin sistemi, özellikle stok fazlalığı ve yetersizliği gibi kritik problemleri azaltarak perakende işletmelerinin tedarik zinciri süreçlerini daha etkin yönetmesine olanak tanımaktadır. Doğru ve zamanında tahminlerle operasyonel verimlilik artmakta, gereksiz stok maliyetleri ise önemli ölçüde düşürülmektedir.

Sonuç olarak, makine öğrenmesi algoritmalarına dayalı bu veri odaklı model, geleneksel yöntemlere kıyasla stok yönetiminde daha başarılı, esnek ve uygulanabilir bir çözüm sunmaktadır. Özellikle Ridge Regression modelinin yüksek performansı, bu tür lineer tabanlı yaklaşımların stok tahmin problemlerinde güçlü bir alternatif olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen modelin kullanılmasıyla, stok fazlalığı %20 oranında azalırken, stok yetersizliği %15 seviyesinde gerilemiştir. Ayrıca, tedarik zinciri süreçlerinde operasyonel verimlilik %10 artış göstermiştir. Bu somut kazanımlar, makine öğrenmesi tabanlı modellerin perakende sektöründe envanter yönetimini optimize etmek için ne denli etkili olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Gelecek araştırmalarda, daha geniş ve çeşitli veri setlerinin yanı sıra farklı algoritmalar ve zaman serisi modellerinin entegrasyonu ile model başarısının artırılması ve stok yönetimi süreçlerine yönelik kapsamlı çözümler sunulması hedeflenmektedir.

Kaynaklar

- [1] Chopra, S., & Meindl, P. (2001). Supply Chain Management: Strategy. *Planning, and Operation*, 15, 71-85.
- [2] Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. H., & Friedman, J. H. (2009). *The elements of Statistical Learning: Data mining, Inference, and Prediction*, (2nd ed.). (Vol. 2, pp. 1-758). New York, Springer.
- [3] James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An Introduction to Statistical Learning: With Applications in R* (Vol. 103). New York, Springer.
- [4] Yusubov, F., & Emekli, H. B. (2024). Veri madenciliği yöntemleriyle araç özelliklerinin incelenmesi. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 19(69), 1-15.
- [5] Hoerl, A. E., & Kennard, R. W. (1970). Ridge Regression: Biased Estimation for Nonorthogonal Problems. *Technometrics*, 12(1), 55-67.
- [6] Chen, T., & Guestrin, C. (2016, August). Xgboost: A scalable tree boosting system. In *Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining* (pp. 785-794).
- [7] Zhang, X., & Zhang, C. (2019). A review of machine learning in inventory management: current status and future directions. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(3), 522-548.

Psikobiyotiklerin beslenmedeki yeri: Yeni bir fonksiyonel besin çağı

Sırma POLAT^{1*}
Berkın ÖZYILMAZ KIRCALI²

Geliş tarihi / Received: 27.07.2025

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 29.07.2025

Kabul tarihi / Accepted: 30.07.2025

DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v20i71003

Öz

Psikobiyotikler, bağırsak mikrobiyotasını etkileyerek ruh sağlığını destekleme potansiyeline sahip olan yeni nesil fonksiyonel besin bileşenleridir. Bağırsak-beyin eksenini üzerinden etki gösteren bu bileşenler, depresyon, anksiyete, stres gibi psikiyatrik tabloların yönetiminde tamamlayıcı bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Psikobiyotiklerin yanı sıra, postbiyotikler ve parabiyoetikler gibi mikrobiyal kökenli diğer biyotik bileşenler de son yıllarda dikkat çekmektedir. Bu bileşenler, canlı olmayan mikrobiyal ürünler veya inaktive edilmiş mikroorganizmalar olmalarına rağmen, bağışıklık fonksiyonlarını destekleme, inflamasyonu azaltma ve bağırsak bariyerini güçlendirme gibi etkiler sunmaktadır.

Bu derlemede, psikobiyotik kavramı detaylı bir şekilde ele alınmış; postbiyotik ve parabiyoetiklerle birlikte sağlık üzerindeki etkileri güncel literatür ışığında değerlendirilmiştir. Mikrobiyal metabolitlerin sinir sistemi ile etkileşimi, fonksiyonel besin tanımı çerçevesinde incelenmiş ve bu bileşenlerin potansiyel terapötik rolleri tartışılmıştır. Ayrıca, psikobiyotiklerin depresyon, anksiyete ve diğer ruhsal bozukluklarla ilişkisi bilimsel veriler eşliğinde aktarılmıştır.

Sonuç olarak, psikobiyotikler ve diğer fonksiyonel mikrobiyal bileşenler, geleneksel beslenme yaklaşımlarının ötesine geçerek hem fiziksel hem de zihinsel sağlığın bütüncül desteklenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu alandaki araştırmaların artması, bireylerin yaşam kalitesini artırabilecek

¹ İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik, sirmadogmen@stu.aydin.edu.tr; Orcid: 0009-0009-9364-8060.

² İstanbul Aydın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik, bozyilmazkircali@aydin.edu.tr; Orcid: 0000-0002-5371-2445.

yenilikçi beslenme stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: *psikobiyotik, beslenme, mental sağlık, postbiyotik, parabiyotik*

The place of psychobiotics in nutrition: Ushering in a new era of functional foods

Abstract

Psychobiotics are a novel class of functional food components that influence mental health by modulating the gut microbiota. Acting through the gut-brain axis, these components have been increasingly recognized as complementary approaches in the management of psychiatric conditions such as depression, anxiety, and stress. Alongside psychobiotics, other microbial-derived biotic compounds, including postbiotics and parabiotics, have garnered attention in recent years. Despite being non-viable microbial products or inactivated microorganisms, they provide beneficial effects by supporting immune functions, reducing inflammation, and strengthening the gut barrier.

This review comprehensively examines the concept of psychobiotics and evaluates the health impacts of postbiotics and parabiotics based on current scientific literature. The interaction between microbial metabolites and the nervous system is discussed within the framework of functional foods, highlighting their potential therapeutic roles. Furthermore, the association of psychobiotics with depression, anxiety, and other mental disorders is presented with supporting scientific evidence.

In conclusion, psychobiotics and related functional microbial components transcend traditional nutrition, playing a significant role in the holistic support of both physical and mental health. The expansion of research in this field promises to contribute to the development of innovative dietary strategies aimed at improving individual quality of life.

Keywords: *psychobiotics, nutrition, mental health, postbiotics, parabiotic*

Giriş

Son yıllarda insan sağlığına yönelik beslenme yaklaşımlarında önemli değişimler yaşanmakta ve bu değişimler, özellikle bağırsak mikrobiyotası ile ilişkili sağlık parametrelerine odaklanmaktadır. Fonksiyonel besinler kavramı, yalnızca temel besin ihtiyaçlarını karşılamamanın ötesine geçerek, sağlık üzerinde koruyucu ve iyileştirici etkiler sunan gıda bileşenlerini içermesi bakımından beslenme bilimi literatüründe hızla önem kazanmaktadır (Yanni ve Kourkoutas, 2022; Novoa Díaz ve ark., 2023). Son dönem çalışmalarda psikobiyotiklerin, fonksiyonel besinler kapsamında değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmakta ve bu bileşenlerin anksiyete, depresyon gibi nöropsikiyatrik semptomları hafifletme potansiyeline sahip olduğu bildirilmektedir. Bu durum, psikobiyotiklerin yalnızca sindirim sağlığı değil, aynı zamanda bireyin ruhsal iyilik hali üzerinde de terapötik etki oluşturabileceğini göstermektedir (Obayomi ve ark., 2024). Dolayısıyla, psikobiyotiklerin fonksiyonel beslenme stratejileri içinde yer alması, bütüncül sağlık yaklaşımının önemli bir parçası haline gelmiştir.

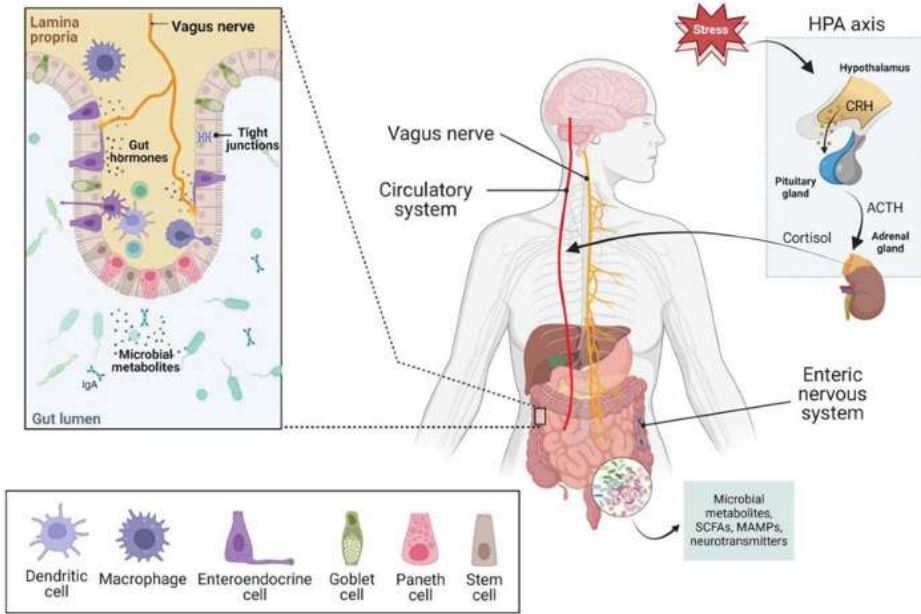
Bağırsak-beyin eksen, merkezi sinir sistemi ile enterik sinir sistemi arasındaki dinamik ve çift yönlü iletişimi ifade eden bir kavram olup, nörotransmitter üretimi, immün yanıtlar ve hormonal regülasyon gibi mekanizmalar üzerinden fizyolojik ve psikolojik süreçleri etkilemektedir (Cryan ve Dinan, 2012). Bağırsak mikrobiyotası, bu eksen aracılığıyla merkezi sinir sistemiyle doğrudan ve dolaylı yollarla etkileşim içerisinde bulunmakta; dolayısıyla mikrobiyal dengenin bozulması durumunda, depresyon, anksiyete ve stres bozuklukları gibi çeşitli nöropsikiyatrik tabloların gelişiminde rol oynayabilmektedir. Psikobiyotikler ise bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde modüle ederek, mental sağlık üzerinde iyileştirici etkiler gösterdiği düşünülen, probiyotik ve prebiyotik bileşenleri içeren fonksiyonel gıdalardır (Sarkar ve ark., 2016). Tarihsel olarak psikobiyotiklerin kullanımı, aslında fermente gıdaların geleneksel beslenme kültürlerinde yüzyıllardır yer almasıyla örtüşmektedir. Özellikle kefir, yoğurt, lahana turşusu ve kimchi gibi fermente ürünlerin, bağırsak sağlığı ve ruh hali üzerindeki olumlu etkileri uzun süredir gözlemlenmektedir. Ancak bu etkilerin bilimsel olarak tanımlanması ve mekanizmalarının ortaya konması, son on yılda yapılan mikrobiyota ve psikiyatri odaklı çalışmalarla mümkün olmuştur.

Psikobiyotiklerin tarihçesi ve önemi

Son yıllarda insan mikrobiyotasının sağlıktaki rolüne ilişkin farkındalığın artmasıyla birlikte, probiyotik ve prebiyotik kavramlarının ötesine geçen yeni terimler literatürde yerini almaya başlamıştır. Bu kapsamda “psikobiyotik” terimi, ilk kez 2013 yılında Dinan, Stanton ve Cryan tarafından kullanılmış olup, bağırsak mikrobiyotası üzerinden merkezi sinir sistemi işlevlerini modüle ederek mental sağlık üzerinde olumlu etkiler gösterebilen probiyotikler ve prebiyotikler olarak tanımlanmıştır (Dinan ve ark., 2013). Psikobiyotikler, özellikle depresyon, anksiyete, stres ve duygu durum bozuklukları gibi psikiyatrik tabloların önlenmesi ve destekleyici tedavisinde, tamamlayıcı bir yaklaşım olarak önerilmektedir. Yeni nesil psikobiyotikler terimi, yalnızca geleneksel probiyotik türleri değil, aynı zamanda nöroaktif bileşenler üretme kapasitesine sahip genetik olarak tanımlanmış mikroorganizmaları da kapsamaktadır. Örneğin, bazı *Akkermansia muciniphila* veya *Faecalibacterium prausnitzii* türleri, antiinflamatuvar özellikleriyle dikkat çekmekte ve potansiyel psikobiyotik adayları arasında yer almaktadır (O'Mahony ve ark., 2015).

Psikobiyotiklerin etki mekanizmaları

Psikobiyotik etki mekanizmaları; nörotransmitter sentezi, immün modülasyon, inflamasyon kontrolü, bağırsak bariyer bütünlüğünün korunması ve hipotalamus-hipofiz-adrenal (HPA) aksı üzerinden stres yanıtının düzenlenmesi gibi çok boyutlu süreçleri içermektedir (Şekil 1). Psikobiyotikler, bağırsak- beyin eksenini üzerindeki çok yönlü etkileşimleri aracılığıyla mental sağlığı destekler. Bunların başında nörotransmitter sentezi gelir; bağırsak mikrobiyotası, serotonin, dopamin ve gama-aminobütirik asit (GABA) gibi nöroaktif maddelerin üretimini etkileyerek, duygudurum ve bilişsel işlevlerin düzenlenmesinde rol oynar (Clarke ve ark., 2013). Örneğin, bağırsak mikrobiyotasının serotoninin yaklaşık %90'ının sentezinden sorumlu olduğu bilinmektedir. Ayrıca, psikobiyotikler inflamatuvar sitokinlerin düzeyini modüle ederek sistemik inflamasyon seviyesini etkileyebilir ve böylelikle depresyon ve anksiyete gibi nöropsikiyatrik bozuklukların patofizyolojisinde rol oynayan inflamatuvar süreçlerin düzenlenmesine katkıda bulunabilir (Dinan ve Cryan, 2017). Bunun yanında psikobiyotikler bağırsak bariyer bütünlüğünü güçlendirerek, zararlı patojenlerin ve toksik metabolitlerin dolaşıma geçişini engelleyebilir. Bu sayede bağırsak geçirgenliğinin artmasıyla ilişkili inflamasyon ve nörolojik bozuklukların gelişimi önenebilir (Mayer ve ark., 2014).



Şekil 1. Bağırsak mikrobiyotasının bağırsak bariyerini, sinirsel yolları, immün sistemi ve HPA aksını geçiş yolu (Binda ve ark., 2024).

Psikobiyotiklerin mental sağlık üzerindeki etkileri

Son yıllarda psikobiyotiklerin özellikle depresyon, anksiyete ve stres bozuklukları gibi nöropsikiyatrik rahatsızlıklar üzerindeki etkileri yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Bu araştırmaların temelinde, bağırsak mikrobiyotasının merkezi sinir sistemi ile olan etkileşiminin duygu durum düzenlemesinde kritik bir rol oynadığı görüşü yatmaktadır (Dinan ve Cryan, 2017). Psikobiyotiklerin, bu etkileşimleri modüle ederek bireyin mental sağlık durumunu iyileştirdiği, özellikle duygudurum regülasyonu, stres toleransı ve bilişsel işlevlerde olumlu sonuçlar yarattığı bildirilmektedir.

Hayvan deneyleri ve insan klinik çalışmaları, psikobiyotik takviyelerin depresif davranışları azalttığını ve stres kaynaklı kortizol salınımını düşürdüğünü göstermektedir. Örneğin, Huang ve ark. (2023) tarafından yapılan randomize kontrollü bir çalışmada, belirli *Lactobacillus plantarum* suşlarının dört hafta boyunca uygulanması sonucunda, katılımcıların kortizol seviyelerinde anlamlı düşüş ve bilişsel performanslarında iyileşme gözlenmiştir. Bu bulgular, psikobiyotiklerin stres yanıtı ve bilişsel işlevler üzerindeki olumlu etkilerini desteklemektedir.

Yapılan başka bir meta-analiz çalışmasında, psikobiyotik takviyelerin anksiyete semptomlarını hafifletmede anlamlı etkileri olduğu, ancak bu etkinin bireyin yaşına, cinsiyetine, psikolojik durumu ve kullanılan suş türüne bağlı olarak farklılık gösterdiği vurgulanmıştır (Ng ve ark., 2018). Bu nedenle, psikobiyotiklerin klinik etkinliğini artırmak amacıyla kişiye özel, mikrobiyota temelli diyet ve takviye planlamalarının yapılması gerektiği savunulmaktadır.

Bununla birlikte, psikobiyotiklerin nörogelişimsel bozukluklar üzerindeki etkilerine dair veriler de giderek artmaktadır. Özellikle otizm spektrum bozukluğu (OSB) olan bireylerde mikrobiyota kompozisyonunda belirgin farklılıklar tespit edilmiş ve bazı probiyotik türlerinin davranışsal iyileşmelere katkı sağladığı bildirilmiştir (Sanctuary ve ark., 2019). Psikobiyotik destekli beslenme, bu bireylerde sosyal etkileşim, uyku düzeni ve gastrointestinal belirtiler üzerinde iyileştirici etki yaratabilmektedir.

Bir diğer önemli alan ise yaşlı bireylerde psikobiyotik kullanımının bilişsel gerileme ve Alzheimer gibi nörodejeneratif hastalıkların seyrine olan etkisidir. Akbari ve arkadaşları (2016), yaşlı bireylerde kullanılan probiyotik takviyelerin hem bilişsel işlevleri hem de yaşam kalitesini artırabildiğini göstermiştir. Bu bulgular, psikobiyotiklerin yalnızca ruh hali üzerinde değil, aynı zamanda bilişsel fonksiyonlar üzerinde de koruyucu bir rol oynayabileceğini ortaya koymaktadır.

Psikobiyotiklerin klinik uygulamalarda kullanımı, özellikle ruh sağlığı alanında alternatif ve tamamlayıcı tedavi seçenekleri arasında değerlendirilmeye başlanmıştır. Yakın tarihli randomize kontrollü çalışmalar, belirli psikobiyotik suşlarının, stres düzeylerini azaltma, anksiyete semptomlarını hafifletme ve uyku kalitesini artırma potansiyelini göstermektedir (Lew ve ark., 2019; Desbonnet ve ark., 2022). Ayrıca, majör depresyon tanısı almış bireylerde yapılan randomize kontrollü çalışmalar, probiyotik takviyelerinin antidepresan tedavilere ek olarak kullanıldığında tedavi yanıtını olumlu yönde etkileyebileceğini göstermektedir. Örneğin, Schwab ve arkadaşlarının (2022) yaptığı çalışmada, probiyotik takviyesinin depresyon semptomlarında belirgin azalma sağladığı ve bağırsak mikrobiyotasında olumlu değişiklikler oluşturduğu bildirilmiştir. Bu bulgular, psikobiyotiklerin psikiyatrik tedavilere entegrasyonunun potansiyel faydalarını desteklemektedir. Yakın

zamanda yapılan bir başka araştırmada ise, genç yetişkin bireylerde dört hafta süreyle psikobiyotik takviyesi kullanımının hem kortizol düzeylerinde hem de algılanan stres skorlarında anlamlı bir düşüşe yol açtığı gösterilmiştir (Chung ve ark., 2021). Bu çalışma, psikobiyotiklerin HPA aksı üzerindeki düzenleyici etkisini destekleyen önemli bulgulardan biri olarak literatüre geçmiştir.

Sonuç olarak, psikobiyotiklerin mental sağlık üzerindeki etkileri çok yönlü olup; hormonal, nörotransmitter, immünolojik ve mikrobiyal yollarla işlev göstermektedir. Ancak bu etkilerin bireysel farklılıklar doğrultusunda değişkenlik göstermesi nedeniyle, gelecekte yapılacak çalışmaların daha büyük örneklemelerle ve uzun süreli izlemle desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca, psikobiyotiklerin geleneksel psikiyatrik tedavilerle kombine kullanımı, yeni terapötik stratejiler açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır.

-Depresyon:

Depresyon, dünya genelinde en yaygın psikiyatrik hastalıklardan biri olup, serotonin ve dopamin gibi nörotransmitter düzeylerindeki değişimler ile inflamatuvar süreçlerin etkileşimi sonucu ortaya çıkmaktadır (Foster ve McVey Neufeld, 2013). Yapılan klinik çalışmalarda, psikobiyotik kullanımı ile depresif semptomlarda anlamlı azalma gözlenmiş ve bu etkinin bağırsak mikrobiyotasının modülasyonu ve inflamasyon düzeylerinin dengelenmesi yoluyla gerçekleştiği bildirilmiştir. *Lactobacillus rhamnosus* ve *Bifidobacterium longum* gibi türler üzerinde yapılan araştırmalar, bu mikroorganizmaların depresyon semptomlarını hafiflettiğini göstermiştir (Sarkar ve ark., 2016).

-Anksiyete:

Anksiyete bozuklukları, HPA aksının aşırı aktivasyonu, serotonin dengesizliği ve bağırsak geçirgenliğinin artması ile ilişkilendirilmektedir. Psikobiyotiklerin HPA aksı üzerindeki düzenleyici etkisi sayesinde stres yanıtı kontrol altına alınmakta, bağırsak geçirgenliği azalmakta ve anksiyete belirtilerinde iyileşme sağlanabilmektedir (Bravo ve ark., 2011). Özellikle *Lactobacillus helveticus* ve *Bifidobacterium infantis* türlerinin anksiyete semptomlarını azalttığı hayvan ve insan çalışmalarında gösterilmiştir.

-Stres:

Modern yaşamın getirdiği kronik stres, bağırsak mikrobiyotasını

olumsuz yönde etkileyerek mikrobiyal çeşitliliği azaltmakta ve inflamasyonu artırmaktadır. Psikobiyotikler, kortizol düzeylerini düşürerek ve bağırsak-beyin eksenini üzerinden nörotransmitter üretimini düzenleyerek stresin fizyolojik ve psikolojik etkilerini hafifletebilmektedir (Messaoudi ve ark., 2011). Özellikle *Lactobacillus helveticus* ve *Bifidobacterium longum* suşlarının birlikte kullanımının, sağlıklı yetişkin bireylerde psikolojik stres semptomlarını anlamlı düzeyde azalttığı saptanmıştır (Messaoudi ve ark., 2011). Fermente besinlerin stres yönetimindeki olumlu etkileri ise geleneksel toplumlarda uzun yıllardır deneyimlenmektedir.

-Duygu Durum Bozuklukları:

Bipolar bozukluk ve mevsimsel duygudurum değişiklikleri gibi tablolar, bağırsak mikrobiyotasındaki dengenin bozulması ile ilişkilendirilmiştir. Özellikle kısa zincirli yağ asitlerinin (SCFA) üretimini artıran psikobiyotiklerin, bu hastalıklarda duygudurum düzenleyici etkiler gösterdiği bildirilmektedir (Dalile ve ark., 2019). Günümüzde, psikiyatrik tedavilerin yanında psikobiyotik destekli diyet modelleri önerilmeye başlanmıştır.

Psikobiyotiklerin beslenmedeki yeri

Psikobiyotikler, günümüzde mental sağlığı desteklemek amacıyla fonksiyonel beslenme stratejilerinin önemli bir parçası haline gelmiştir. Doğal olarak fermente edilmiş gıdalar, psikobiyotiklerin en zengin kaynakları arasında yer alır. Kefir, yoğurt, kombucha, lahana turşusu, kimchi ve miso gibi ürünler, zengin probiyotik içeriği sayesinde bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde etkiler ve ruh hali üzerinde destekleyici etkiler yaratır (Marco ve ark., 2017).

Bunun yanında, klinik çalışmalarla desteklenen psikobiyotik takviyeler, genellikle belirli suşların kontrollü kombinasyonlarını içeren probiyotik kapsüller veya prebiyotik içeren gıda destekleri şeklinde sunulmaktadır. Özellikle *Lactobacillus helveticus* ve *Bifidobacterium longum* kombinasyonunun depresyon ve anksiyete üzerindeki olumlu etkileri birçok çalışmada rapor edilmiştir (Messaoudi ve ark., 2011). Ayrıca prebiyotikler, bağırsak mikrobiyotasının yapısını destekleyerek psikobiyotiklerin etkisini artırabilir ve bu şekilde sinerjik bir etki yaratabilir (Gibson ve ark., 2017).

Psikobiyotiklerin beslenmeye entegrasyonu, yalnızca takviyelerle sınırlı kalmayıp, diyet çeşitliliği ve mikroorganizma zenginliği açısından fermente ürünlerin düzenli tüketimi ile de sağlanabilir. Liften zengin sebzeler, baklagiller, tam tahıllar gibi prebiyotik kaynaklarıyla birlikte fermente gıdaların beslenme planına dahil edilmesi, bağırsak mikrobiyotasının sağlıklı gelişimini destekler ve böylece psikobiyotiklerin mental sağlık üzerindeki faydalarını artırır. Psikobiyotiklerin terapötik etkilerinin bireyler arası farklılık gösterebileceği, genetik altyapı, yaşam tarzı, mikrobiyota profili ve beslenme alışkanlıklarının bu etkileşimde önemli rol oynayabileceği belirtilmektedir (Westfall ve ark., 2021). Bu nedenle, psikobiyotik tedavi yaklaşımlarında kişiselleştirilmiş beslenme stratejileri daha fazla önem kazanmaktadır. Gelecekte, kişiselleştirilmiş beslenme yaklaşımları doğrultusunda, bireyin mikrobiyota yapısına özel psikobiyotik takviyelerin ve diyet planlarının geliştirilmesi, mental sağlık sorunlarının önlenmesi ve tedavisinde daha etkili sonuçlar verebilir. Bu bağlamda, psikobiyotiklerin fonksiyonel besinler arasında yükselen önemi, beslenme ve psikiyatrinin kesiştiği yeni bir bilimsel disiplinin gelişmesine öncülük etmektedir.

Psikobiyotiklere yönelik güncel araştırmalar

Psikobiyotiklerin gelecekteki kullanımı, bireysel mikrobiyota kompozisyonuna uygun olarak geliştirilecek kişiselleştirilmiş beslenme ve tedavi stratejilerine dayanmaktadır. Metagenomik, transkriptomik ve metabolomik yaklaşımların birlikte kullanıldığı yeni nesil araştırmalar mikrobiyotanın zihinsel sağlıkla ilişkili spesifik biyobelirteçlerini tanımlamayı mümkün kılmaktadır (Kelly ve ark., 2016). Ayrıca, psikotik bozukluklar, otizm spektrum bozukluğu ve dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğu (DEHB) gibi daha karmaşık nöropsikiyatrik durumlarda da psikobiyotik potansiyelin araştırıldığı klinik çalışmalar giderek artmaktadır.

Postbiyotikler ve parabiyotikler

Son yıllarda bağırsak mikrobiyotasına yönelik araştırmalar, sadece canlı probiyotiklerin değil, aynı zamanda bu mikroorganizmaların metabolitleri ve inaktive edilmiş formlarının da sağlık üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır. Bu kapsamda, postbiyotik ve parabiyotik kavramları literatürde giderek önem kazanmıştır.

Postbiyotikler, probiyotik bakterilerin fermentasyon sürecinde veya bağırsakta ürettikleri kısa zincirli yağ asitleri (SCFA), peptidoglikanlar,

enzimler, vitaminler ve diğer biyolojik aktif molekülleri ifade eder (Aguilar-Toalá ve ark., 2018). Bu metabolitler, bağırsak bariyer fonksiyonunun güçlendirilmesi, inflamasyonun düzenlenmesi ve immün sistemin modülasyonu gibi pek çok olumlu etki göstermektedir. Özellikle SCFA'lerin serotonin sentezini destekleyerek mental sağlık üzerinde pozitif etkileri olduğu saptanmıştır (Dalile ve ark., 2019).

Parabiyotikler ise, canlı olmayan fakat ısıl işlem, radyasyon veya kimyasal yöntemlerle inaktive edilmiş probiyotik mikroorganizmalardır. Hücre duvarı bileşenleri ve sitoplazmik yapıları sayesinde bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde etkileyerek bağırsak bariyer bütünlüğünü korur ve inflamasyonu azaltır (Taverniti ve Guglielmetti, 2011). Parabiyotiklerin inflamatuvar sitokin seviyelerini düzenleyerek, sistemik inflamasyonun kontrolünde rol oynadığı gösterilmiştir. Bu yeni nesil fonksiyonel bileşenler, özellikle immün sistemin dengelenmesi ve inflamatuvar nöropsikiyatrik hastalıkların önlenmesinde umut vadetmektedir. Klinik çalışmalar henüz sınırlı olsa da postbiyotik ve parabiyotiklerin mental sağlık alanında destekleyici olarak kullanılabileceğine dair kanıtlar artmaktadır.

Postbiyotik ve parabiyotiklerin mental sağlık üzerindeki etkileri

Postbiyotikler ve parabiyotikler, bağırsak mikrobiyotasının işlevlerini destekleyerek psikobiyotiklerin sağladığı faydalara tamamlayıcı rol oynayabilirler. Postbiyotikler arasında özellikle kısa zincirli yağ asitleri (SCFA) olan asetat, propiyonat ve bütiratın, serotonin ve GABA gibi nörotransmitterlerin sentezini artırdığı ve böylece ruh hali düzenlemesinde etkili olduğu gösterilmiştir (Dalile ve ark., 2019). Bu metabolitler, bağırsak bariyerinin bütünlüğünü destekleyerek sistemik inflamasyonun azalmasına katkıda bulunur ve merkezi sinir sisteminde inflamatuvar süreçlerin kontrolünde rol oynar (Aguilar-Toalá ve ark., 2018). Parabiyotiklerin ise canlı probiyotikler kadar olmasa da bağırsak bariyer fonksiyonunu güçlendirmede ve bağırsaklık sistemini modüle etmede önemli etkileri vardır. Özellikle inflamatuvar sitokinlerin seviyesini düzenleyerek, kronik inflamasyonun neden olduğu depresyon ve anksiyete gibi nöropsikiyatrik bozuklukların gelişimini engelleyebileceği düşünülmektedir (Taverniti ve Guglielmetti, 2011). Yapılan deneysel çalışmalarda, postbiyotiklerin fare modellerinde anksiyete ve depresyon belirtilerini azalttığı; ayrıca stres yanıtlarını modüle ettiği gözlemlenmiştir (Rafique ve ark., 2023). İnsan klinik çalışmaları henüz erken aşamada olsa da bu bileşenlerin

mental sağlık üzerinde destekleyici rol oynayabileceğine dair umut verici sonuçlar artmaktadır. Bununla birlikte, postbiyotik ve parabiyotiklerin dozaj, uygulama şekli ve uzun vadeli etkilerine dair bilimsel verilerin çoğaltılması gerekmektedir. Gelecekte bu alanda yapılacak randomize kontrollü çalışmalar, fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde yeni yaklaşımlar sunacaktır.

Postbiyotik ve parabiyotik üzerine çalışmalar

Son yıllarda postbiyotik ve parabiyotiklerin sağlık üzerindeki etkilerine dair bilimsel araştırmalar hızla artmaktadır. Postbiyotiklerin, bağırsak mikrobiyotasının metabolik ürünleri olarak fonksiyon göstermesi nedeniyle, mental sağlık alanında potansiyel terapötik ajanlar olarak incelenmesi giderek yaygınlaşmıştır. Özellikle kısa zincirli yağ asitleri (SCFA) gibi postbiyotik metabolitlerin, bağırsak-beyin eksenini aracılığıyla serotonin ve GABA üretimini artırdığı ve böylelikle depresyon, anksiyete gibi nöropsikiyatrik hastalıkların semptomlarını hafiflettiği bildirilmiştir (Dalile ve ark., 2019).

Deneyisel modellerde postbiyotiklerin stres kaynaklı inflamasyonu azaltarak sinir sistemi üzerinde koruyucu etkiler gösterdiği ortaya konmuştur (Rafique ve ark., 2023). İnsan çalışmaları ise henüz sınırlı olmakla birlikte, bazı küçük ölçekli klinik deneylerde postbiyotik takviyelerin kaygı düzeylerinde azalma sağladığı gözlemlenmiştir (Liu ve ark., 2023).

Parabiyotikler üzerine yapılan çalışmalar ise daha çok bağırsak bariyer fonksiyonu ve bağırsıklık sistemine odaklanmıştır. İnaktive edilmiş probiyotik hücrelerin immün sistem üzerindeki modulator etkileri, özellikle kronik inflamatuvar hastalıklarda iyileştirici potansiyel sunmaktadır (Taverniti ve Guglielmetti, 2011). Bu bağlamda, parabiyotiklerin inflamasyon yoluyla nörolojik hastalıkların gelişimini önleyebileceği ileri sürülmüştür. Son yıllarda yapılan çalışmalar, parabiyotiklerin stres yanıtını düzenleyerek HPA aksını dengeleyebileceğini ve böylece anksiyete semptomlarını azaltabileceğini göstermektedir (Mudaliar, 2024). Bu etki, parabiyotiklerin bağırsak mikrobiyotasını module ederek beyin-bağırsak eksenini üzerindeki düzenleyici rollerinden kaynaklanmaktadır.

Postbiyotik ve parabiyotiklerin klinik uygulamalarının artırılması için, dozaj belirlenmesi, biyoyararlanım ve uzun dönem güvenlik çalışmalarının genişletilmesi gerekmektedir. Bu alan, fonksiyonel

gıdalar ve nutrasötiklerin geliştirilmesi açısından büyük bir araştırma potansiyeli taşımaktadır.

Sonuç

Sonuç olarak, psikobiyotiklerin beslenmedeki yeri giderek daha da önem kazanmakta; postbiyotik ve parabiyoitiklerle birlikte mental ve genel sağlık üzerindeki etkileri bilimsel olarak desteklenmektedir. Fonksiyonel besin biliminin hızla geliştiği günümüzde, bağırsak mikrobiyotası ve mental sağlık arasındaki ilişki üzerine yapılan çalışmalar, beslenmenin yalnızca fiziksel sağlığı değil, psikolojik iyilik halini de doğrudan etkileyebileceğini göstermiştir. Psikobiyotikler, bu alanda probiyotik ve prebiyotiklerin ötesinde mental sağlıkta destekleyici ve tamamlayıcı potansiyele sahip önemli besin bileşenleri olarak öne çıkmaktadır. Bağırsak-beyin ekseninden serotonin, GABA ve dopamin gibi nörotransmitterlerin üretimini düzenleyerek ve inflamasyon süreçlerini modüle ederek, depresyon, anksiyete ve stres gibi nöropsikiyatrik tabloların önlenmesi ve tedavisinde katkı sağlayabilecekleri gösterilmiştir. Özellikle *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türlerinin, klinik çalışmalarda anlamlı sonuçlar verdiği bildirilmektedir. Postbiyotikler ve parabiyoitikler ise bağırsak mikrobiyotasını düzenleyici ve immün yanıt modülatörü etkileriyle, mental sağlık üzerinde dolaylı fakat önemli katkılar sağlayabilmektedir. SCFA üretimi, bağırsak bariyer bütünlüğünün korunması ve inflamasyon kontrolü gibi mekanizmalar üzerinden ruh sağlığına destek sağladığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, psikobiyotikler hem halk sağlığı düzeyinde hem de klinik uygulamalarda umut vadeden birer fonksiyonel besin ögesi olarak değerlendirilmektedir. Yapılan klinik ve deneysel çalışmalar, psikobiyotiklerin ve ilgili fonksiyonel bileşenlerin, mental sağlık tedavilerinde destekleyici beslenme stratejisi olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, etkin doz, kullanım süresi ve suş seçimi gibi konularda daha fazla randomize kontrollü çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynaklar

- [1] Aguilar-Toalá, J. E., Garcia-Varela, R., Garcia, H. S., Mata-Haro, V., González-Córdova, A.F., Vallejo-Cordoba, B., & Hernández-Mendoza, A. (2018). Postbiotics: An evolving term within the functional foods field. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 105-114. doi. org/10.1016/j.tifs.2018.03.009.

- [2] Akbari, E., Asemi, Z., Daneshvar Kakhaki, R., Bahmani, F., Kouchaki, E., Tamtaji, O. R., ...& Reiter, R. J. (2016). Effect of probiotic supplementation on cognitive function and metabolic status in Alzheimer's disease: A randomized, double-blind and controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, **13**, 688. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00256>
- [3] Binda, S., Tremblay, A., Iqbal, U.H., Kassem, O., Le Barz, M., Thomas, V., Bronner, S., Perrot, T., Ismail, N., Parker, J. (2024). Psychobiotics and the Microbiota–Gut–Brain Axis: Where Doö We Go from Here? *Microorganisms*, **12** : 634. [10.3390/mikroorganizmalar12040634](https://doi.org/10.3390/mikroorganizmalar12040634).
- [4] Bravo, J. A., Forsythe, P., Chew, M. V., Escaravage, E., Savignac, H. M., Dinan, T. G., ... & Cryan, J. F. (2011). Ingestion of *Lactobacillus* strain regulates emotional behavior and central GABA receptor expression in a mouse via the vagus nerve. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **108**(38), 16050-16055. doi.org/10.1073/pnas.1102999108.
- [5] Chung, Y.-C., Jin, H.-M., Cui, Y., Kim, D. S., Jung, J. M., Park, J. I., & Jung, E. S. (2021). Fermented milk containing *Lactobacillus plantarum* reduces depressive and anxiety symptoms in healthy young adults: A randomized controlled trial. *Nutrients*, **13**(8), 2633. <https://doi.org/10.3390/nu13082633>
- [6] Clarke, G., Grenham, S., Scully, P., Fitzgerald, P., Moloney, R. D., Shanahan, F., ... & Cryan, J. F. (2013). The microbiome-gut-brain axis during early life regulates the hippocampal serotonergic system in a sex-dependent manner. *Molecular Psychiatry*, **19**(6), 666-673. doi.org/10.1038/mp.2012.77.
- [7] Cryan, J. F., & Dinan, T. G. (2012). Mind-altering microorganisms: The impact of the gut microbiota on brain and behaviour. *Nature Reviews Neuroscience*, **13**(10), 701-712. doi.org/10.1038/nrn3346.
- [8] Dalile, B., Van Oudenhove, L., Vervliet, B., & Verbeke, K. (2019). The role of short-chain fatty acids in microbiota–gut–brain communication. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, **16**(8), 461-478. doi.org/10.1038/s41575-019-0157-3.
- [9] Desbonnet, L., Garrett, L., Clarke, G., Bienenstock, J., & Dinan, T. G. (2022). The probiotic *Bifidobacteria infantis*: An assessment of potential antidepressant properties in the rat. *Journal of*

- Psychiatric Research*, **157**, 365–372. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2022.01.014>
- [10] Dinan, T. G., Stanton, C., & Cryan, J. F. (2013). Psychobiotics: a novel class of psychotropic. *Biological Psychiatry*, *74*(10), 720-726. doi.org/10.1016/j.biopsych.2013.05.001.
- [11] Dinan, T. G., & Cryan, J. F. (2017). Gut instincts: microbiota as a key regulator of brain development, ageing and neurodegeneration. *The Journal of Physiology*, *595*(2), 489-503. doi.org/10.1113/JP273106.
- [12] Foster, J. A., & McVey Neufeld, K. A. (2013). Gut–brain axis: how the microbiome influences anxiety and depression. *Trends in Neurosciences*, *36*(5), 305-312. dx.doi.org/10.1016/j.tins.2013.01.005.
- [13] Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., Scott, K., Stanton, C., Swanson, K. S., Cani, P. D., Verbeke, K., & Reid, G. (2017). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, *14*(8), 491-502. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75>.
- [14] Huang, Y., Gao, Y., Duan, Y., Xu, L., & Xu, Y. (2023). Psychobiotics as modulators of brain–gut–microbiota axis in stress-related disorders: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Nutrients*, *15*(4), 895. <https://doi.org/10.3390/nu15040895>.
- [15] Kelly, J. R., Borre, Y., O'Boyle, J. F., Patterson, E., El Aidy, S., Deane, J., Kennedy, P. J., Beers, S., Scott, K., Moloney, G., Hoban, A. E., Scott, L., Fitzgerald, P., Stanton, C., & Dinan, T. G. (2016). Transferring the blues: Depression-associated gut microbiota induces neurobehavioural changes in the rat. *Journal of Psychiatric Research*, *82*, 109-118. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2016.07.019>.
- [16] Lew, L.-C., Hor, Y.-Y., Yusoff, N. A. A., Choi, S.-B., Yusoff, M. S. B., Roslan, N. S., ... & Liong, M.-T. (2019). Probiotic *Lactobacillus plantarum* DR7 reduces stress and anxiety in adults: A randomized, double-blind placebo-controlled study. *Clinical Nutrition*, *38*(5), 2053–2064. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.09.010>.
- [17] Liu, G., Santana-Gonzalez, C., Zeffiro, T. A., Zhang, N., Engstrom, M., Quevedo, K. (2023). Self-compassion and neural activity

- during self-appraisals in depressed and healthy adolescents. *Journal of Affective Disorders*, 339, 717–724. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2023.07.012>.
- [18] Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligné, B., ... & Hutkins, R. (2017). Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, 44, 94–102. doi.org/10.1016/j.copbio.2016.11.010.
- [19] Mayer, E. A., Knight, R., Mazmanian, S. K., Cryan, J. F., & Tillisch, K. (2014). Gut microbes and the brain: paradigm shift in neuroscience. *The Journal of Neuroscience*, 35(21), 13884–13893. doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3299-14.2014.
- [20] Messaoudi, M., Lalonde, R., Violle, N., Javelot, H., Desor, D., Nejdi, A., ... & Cazaubiel, M. (2011). Assessment of psychotropic-like properties of a probiotic formulation (*Lactobacillus helveticus* R0052 and *Bifidobacterium longum* R0175) in rats and human subjects. *British Journal of Nutrition*, 105(5), 755–764. doi.org/10.1017/S0007114510004319.
- [21] Mudaliar, S. B. (2024). Probiotics and Paraprobiotics: Effects on Microbiota-Gut-Brain Axis and Their Consequent Potential in Neuropsychiatric Therapy. *Frontiers in Neuroscience*, 16, 859231. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.859231>.
- [22] Ng, Q. X., Peters, C., Ho, C. Y. X., Lim, D. Y., & Yeo, W. S. (2018). A meta-analysis of the use of probiotics to alleviate depressive symptoms. *Journal of Affective Disorders*, 228, 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2017.11.063>.
- [23] Novoa Díaz, M. B., Carriere, P., & Gentili, C. (2023). How the interplay among the tumor microenvironment and the gut microbiota influences the stemness of colorectal cancer cells. *World Journal of Stem Cells*, 15(5), 281–301. doi.org/10.4252/wjsc.v15.i5.281.
- [24] Obayomi, OV., Olaniran, AF., Owa, SO. (2024). Unveiling the role of functional foods with emphasis on prebiotics and probiotics in human health: A review, *Journal of Functional Foods*, 119:106337, 1756-4646. doi.org/10.1016/j.jff.2024.106337.
- [25] O'Mahony, S. M., Clarke, G., Borre, Y., Dinan, T. G., & Cryan, J. F. (2015). Serotonin, tryptophan metabolism and the brain-gut-

- microbiome axis. *Behavioural Brain Research*, 277, 32-48. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.07.027>.
- [26] Rafique, N., Zafar, M. I., Akhtar, M. F., Saleem, U., Ali, A., & Jahan, S. (2023). Promising bioactivities of postbiotics: A comprehensive review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100708. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100708>.
- [27] Sanctuary MR, Kain JN, Chen SY, Kalanetra K, Lemay DG, Rose DR ve diğerleri (2019) Otizmlı ve gastrointestinal semptomları olan çocuklarda bağırsak fonksiyonu üzerinde probiyotik/kolostrum takviyesinin pilot çalışması. *PLoS One* 14(1): e0210064. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210064>
- [28] Sarkar, A., Lehto, S. M., Harty, S., Dinan, T. G., Cryan, J. F., & Burnet, P. W. (2016). Psychobiotics and the manipulation of bacteria–gut–brain signals. *Trends in neurosciences*, 39(11), 763-781. [dx.doi.org/10.1016/j.tins.2016.09.002](https://doi.org/10.1016/j.tins.2016.09.002).
- [29] Schwab, C., Coulibaly-Zerbo, P., Zengler, K., Röth, R., Baumeister, D., & Otte, C. (2022). Clinical, gut microbial, and neural effects of a probiotic add-on therapy in major depressive disorder: A randomized controlled trial. *Translational Psychiatry*, 12(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41398-022-01977-z>.
- [30] Taverniti, V., & Guglielmetti, S. (2011). The immunomodulatory properties of probiotic microorganisms beyond their viability (ghost probiotics: proposal of paraprobiotic concept). *Genes & Nutrition*, 6(3), 261-274. doi.org/10.1007/s12263-011-0218-x.
- [31] Yanni, A., & Kourkoutas, Y. (2022). Functional Foods and Bioactive Compounds for Improving and Maintaining Digestive Health (Editorial). *Frontiers in Nutrition*, 8: 815370. doi.org/10.3389/fnut.2021.815370.
- [32] Westfall, S., Lomis, N., Kahouli, I., Dia, S., Singh, S. P., & Prakash, S. (2021). Microbiome, probiotics and neurodegenerative diseases: deciphering the gut-brain axis. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 78(3), 1233–1254. <https://doi.org/10.1007/s00018-020-03684-9>.

Çölyak hastalığı ve beslenme ilişkisi

Aysun SAĞLAM^{1*}
Ceyda Cansu IŞIK²

Geliş tarihi / Received: 25.07.2025

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 28.07.2025

Kabul tarihi / Accepted: 30.07.2025

DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v20i71004

Öz

Çölyak hastalığı, genetik yatkınlığı olan bireylerde gluten tüketimi sonrası ince bağırsakta ortaya çıkan otoimmün bir hastalıktır. Bu durum yalnızca sindirim sistemini değil, zamanla vücudun birçok organını etkileyerek bireyin genel sağlık durumunu olumsuz yönde etkileyebilir. Buğday, arpa ve çavdar gibi tahıllarda bulunan gluten, çölyak hastaları için ciddi bir tehdit oluşturur. Hastalık, ömür boyu süren kronik bir rahatsızlık olduğu için yalnızca glutensiz bir diyetle kontrol altına alınabilir; bu nedenle tanı ve tedavi süreci büyük önem taşır.

Çölyak hastalığı her yaşta görülebilir ve klasik sindirim sistemi şikayetleri yerine anemi ve yorgunluk gibi daha sistemik belirtilerle kendini gösterebilir. Bu nedenle erken tanı ve uygun tedavi yöntemleri, hastalığın seyrini olumlu yönde etkileyerek bireyin yaşam kalitesini artırır.

Son yıllarda çölyak hastalığına yönelik toplumsal farkındalığın artmasıyla birlikte tanı alan birey sayısında önemli bir artış gözlemlenmiştir. Ancak hâlâ birçok birey tanı almamış durumdadır ve ciddi komplikasyonlar açısından risk altındadır. Çölyak hastalığı tanısında serolojik testler, endoskopik incelemeler ve biyopsi gibi tanı yöntemleri kullanılmakta; tedavi sürecinde ise glutensiz beslenmenin önemi vurgulanmaktadır. Ancak glutensiz diyet yalnızca bir beslenme biçimi değil, ömür boyu sürdürülmesi gereken bir yaşam tarzı olarak benimsenmelidir. Beslenme düzenine uyum sağlandığında, hastaların yaşam kalitesi belirgin şekilde artmakta ve komplikasyon riski azalmaktadır.

^{1*} İstanbul Aydın Üniversitesi, Anadolu Bil MYO, Gıda Kalite Kontrolü ve Analizi Programı, aysunsaglam@aydin.edu.tr; Orcid: 0000-0002-4833-6107

² İstanbul Aydın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Lisans Öğrencisi, ceydaisik@stu.aydin.edu.tr; Orcid: 0009-0006-5157-361X

Bu çalışmada çölyak hastalığının tanısı, klinik belirtileri, tedavisi ve hastaların yaşam kalitesini iyileştirmede diyet değişikliklerinin rolü hakkında bilgiler derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Çölyak hastalığı, gluten, glutensiz diyet, otoimmün hastalık, bağırsak sağlığı.*

The relationship between celiac disease and nutrition

Abstract

Celiac disease is an autoimmune disorder that develops in the small intestine of genetically predisposed individuals following the consumption of gluten. This condition not only affects the digestive system but, over time, may also impact multiple organ systems, thereby negatively influencing the individual's overall health status. Gluten, a protein found in grains such as wheat, barley, and rye, poses a significant threat to individuals with celiac disease. As a chronic, lifelong condition, celiac disease can only be managed through strict adherence to a gluten-free diet; therefore, timely diagnosis and appropriate management are of critical importance.

Celiac disease can occur at any age and may present with systemic symptoms such as anemia and fatigue, rather than classical gastrointestinal complaints. Hence, early diagnosis and the implementation of effective treatment strategies play a crucial role in positively altering the disease course and improving the patient's quality of life.

In recent years, increased public awareness of celiac disease has led to a significant rise in the number of diagnosed cases. However, a considerable proportion of individuals remain undiagnosed and are consequently at risk for serious complications. Diagnostic methods such as serological tests, endoscopic examinations and biopsy are used in the diagnosis of celiac disease; the importance of a gluten-free diet is emphasized during the treatment process. Importantly, a gluten-free diet should not be regarded merely as a dietary choice but rather adopted as a lifelong lifestyle.

When dietary adherence is achieved, patients often experience marked improvement in quality of life and a reduced risk of complications.

This study compiles information on celiac disease, including its diagnosis,

clinical manifestations, treatment, and the role of dietary modifications in improving patients' quality of life.

Keywords: *Celiac disease, gluten, gluten-free diet, autoimmune disease, gut health.*

Giriş

Her geçen gün toplumlarda beslenme alışkanlıkları değişmesine rağmen tahıl ve tahıldan elde edilen ürünler dünya nüfusunun beslenmesinde halen önemini korumaktadır. Ancak, beslenmede önemli yer tutan tahıl ve ürünleri bazı insanlarda rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Çölyak hastalığı, genetik yatkınlığı olan bireylerde gluten içeren gıdaların tüketilmesiyle ince bağırsak mukozasında inflamasyona yol açarak villus atrofi ve malabsorpsiyona neden olan otoimmün bir hastalıktır (Yönel ve Özgül, 2014). Bu hastalık sadece klasik gastrointestinal semptomlarla değil, aynı zamanda ekstraintestinal bulgularla da kendini gösterebilmektedir (Kuloğlu, 2014). Bu durum, çölyak hastalığını tanı açısından daha karmaşık hale getirmekte ve hekimlerin dikkatli değerlendirmelerini gerektirmektedir.

Aslında çölyak hastalığı çok eski çağlardan beri var olan fakat son yıllarda artan farkındalık ve tanı olanaklarının gelişmesiyle prevalansı da belirgin şekilde artan kronik bir bağırsak hastalığıdır. Temelinde genetik yatkınlığa sahip bireylerin, buğday, arpa ve çavdar gibi tahıllarda bulunan gluten proteinine karşı geliştirdiği anormal bağışıklık yanıtı yatmaktadır (Küçükazman ve ark., 2008).

Toplumda "gizli çölyak" olarak bilinen ve sindirim sistemiyle ilişkilendirilmeyen atipik vakaların da varlığı, tanı koymayı daha da karmaşık hale getirmektedir (Yanar ve ark., 2013). Tanı konulmamış bireylerde hayat kalitesi ciddi şekilde azalırken, uzun vadeli komplikasyon riski de belirgin düzeyde artmaktadır (Yıldırım, 2020). Tüm bu nedenlerle çölyak hastalığının yalnızca bir sindirim sistemi hastalığı değil, sistemik etkileri olan önemli bir sağlık sorunu olduğu unutulmamalı ve farkındalık çalışmaları bu bakış açısıyla yürütülmelidir (Kuloğlu, 2014; Serin ve Akbulut, 2017).

Çölyak hastalığı, yaşam boyu süren bir diyet gerektirir. Bu hastalığın tedavisinde temel yaklaşım, ömür boyu glutensiz diyet uyumdur.

Glutensiz diyetle birlikte bağırsak mukozası zamanla iyileşir ve hastalık belirtileri geriler (Serin ve Akbulut, 2017; Yıldırım, 2020). Ancak bu diyetin uygulanması sosyal, ekonomik ve psikolojik zorlukları da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle sadece klinik tedavi değil, aynı zamanda hastaların eğitimi ve psikososyal destekleri de tedavi sürecinin ayrılmaz bir parçası olmalıdır (Özkaya ve Özkaya, 2018).

Bu çalışmada çölyak hastalığının tanısı, klinik özellikleri, tedavi yaklaşımları ve alınabilecek önlemler güncel literatür ışığında ele alınacaktır. Amacımız, bu hastalıkla ilgili temel bilgileri bilimsel bir çerçevede sunarak farkındalık oluşturmak ve sağlık profesyonellerine katkı sağlamaktır.

Çölyak hastalığının tanımı ve epidemiyolojisi

Epidemiyolojik açıdan bakıldığında, çölyak hastalığının dünya genelindeki sıklığı giderek artış göstermektedir. Yapılan son araştırmalara göre, dünya nüfusunun yaklaşık %1'i çölyak hastalığı ile yaşamaktadır (Demirçeken, 2011, Ertem, 2014). Ancak tanı koyulamayan olgular nedeniyle gerçek sıklığın daha yüksek olduğu tahmin edilmekte ve hastalık sıklığı bölgesel farklılıklar gösterebilmektedir (Ertem, 2014, Serin ve Akbulut, 2017). Avrupa ve Kuzey Amerika'da sıklığı %1 civarında bildirilirken, Asya ve Afrika ülkelerinde bu oran daha düşük bildirilmiş, fakat bu durumun esasen düşük farkındalık ve tanı eksikliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Demirçeken, 2011). Türkiye'de yapılan epidemiyolojik çalışmalarda ise, çölyak hastalığının sıklığı %0.3 ila %1 arasında değişmekte olup, her geçen yıl daha fazla sayıda olgu tanı almaktadır (Dalgıç ve ark., 2011; Kuloğlu, 2014). Bu artış, yalnızca çevresel faktörler veya gluten tüketimindeki değişikliklerle değil; aynı zamanda tanı yöntemlerindeki gelişmeler ve artan hekim farkındalığı ile de ilişkilidir (Yıldırım, 2020). Ancak dikkat çekici olan, toplumda çölyak hastalığı olduğu halde tanı almamış bireylerin oranının oldukça yüksek olmasıdır; bu bireyler, uzun süre semptomsuz veya hafif belirtilerle yaşadıkları için "sessiz çölyak" grubunda değerlendirilmektedir (Yanar ve ark., 2013).

Etiyopatogenez ve risk faktörleri

Hastalığın erken çocukluk döneminde başlaması beklenmekle birlikte, her yaşta tanı alabileceği bilinmektedir. Hastalığın gelişiminde en önemli rolü, gluten proteini oynamaktadır. Glutenin sindirilemeyen fraksiyonu olan gliadin, bağırsak mukozasında immün sistemi uyarak inflamatuvar

yanıtın ortaya çıkmasına neden olur (Küçükazman ve ark., 2008; Yönel ve Özdil, 2014). Bu süreçte ince bağırsak mukozasında yer alan villus yapıları hasara uğrar ve emilim bozuklukları meydana gelir. İnflamasyonun sürekliliği, kronik enteropatiye neden olur (Türksoy ve Özkaya, 2006; Kuloğlu, 2014).

Çölyak hastalığının etiopatogenezinde, gluten proteininin tetiklediği kompleks bir immün yanıt süreci temel rol oynar. Bu süreç, glutenin bağışıklık sistemi tarafından yabancı bir antijen olarak tanınmasıyla başlar ve sonucunda ince bağırsak mukozasında kronik inflamasyon gelişir (Küçükazman ve ark., 2008). Glutenin sindirimi sırasında ortaya çıkan gliadin peptitleri, bağışıklık sistemini harekete geçirerek, CD4+ T lenfositlerinin aktive olmasına yol açar (Türksoy ve Özkaya, 2006). Özellikle HLA-DQ2 ve HLA-DQ8 genotiplerini taşıyan bireylerde bu süreç çok daha belirgindir; çölyak hastalarının yaklaşık %95'inde bu genetik özelliklerden en az biri tespit edilmektedir. Çünkü bu genetik yapı, gliadin peptitlerinin MHC sınıf II molekülleri ile bağlanarak T hücrelerine sunulmasına olanak tanır (Ün ve Aydoğdu, 2003). Böylece bağırsak mukozasında sitokin salınımı artar, intraepitelyal lenfositlerde belirgin bir çoğalma olur ve mukozal hasar kaçınılmaz hale gelir. Bu hasar, villuslarda atrofi, kript hiperplazisi ve emilim bozukluğu ile sonuçlanır (Türksoy ve Özkaya, 2006). Tüm bu biyolojik karmaşa, çölyak hastalarının ince bağırsaklarında mikroskobik düzeyde başlayıp sistemik komplikasyonlara uzanan bir tabloyu gözler önüne serer.

Çölyak hastalığının etiopatogenezi, genetik yatkınlık, çevresel faktörler ve immünolojik mekanizmaların bir araya gelmesiyle şekillenen karmaşık bir süreçtir.

Özellikle yaşamın erken dönemlerinde glutenin çok erken ya da çok geç verilmesi yani, glutenle tanışma zamanı, geçirilen gastrointestinal enfeksiyonlar, sezaryen doğum, antibiyotik kullanımı ve bağırsak mikrobiyotasındaki değişiklikler çölyak riskini artırabilir (Aydoğdu ve Tümgör, 2005; Demirçeken, 2011; Ertem, 2014). Özellikle yaşamın ilk aylarında viral gastrointestinal enfeksiyonlar geçirilmesi, bağırsak mukozasında geçirgenliği artırarak gliadin peptitlerinin bağışıklık sistemine daha kolay ulaşmasına zemin hazırlar (Ertem, 2014). Ayrıca, antibiyotik kullanımı ya da sezaryen doğum gibi mikrobiyotayı etkileyen unsurlar da immün yanıtın düzenlenmesini bozarak hastalık gelişimine

katkı sağlayabilir (Hayıt ve Gül, 2017). Bunun yanında tip 1 diyabet, otoimmün tiroidit ve Down sendromu ve Turner sendromu gibi bazı hastalıklarla çölyak arasında sıkı ilişkiler mevcuttur. Bu hastalıklarla birlikte çölyak görülme sıklığı genel popülasyona göre belirgin şekilde artmaktadır (Demirçeken, 2011; Artan, 2005; Ertem, 2014).

Çölyak hastalığı için bilinen diğer risk faktörleri arasında birinci derece akrabalarda çölyak öyküsü bulunması, kadın cinsiyet, Avrupa kökenli etnik yapı ve bağışıklık sistemini etkileyen diğer otoimmün hastalıklar sayılabilir (Serin ve Akbulut, 2017). Ayrıca yapılan çalışmalar, uzun süreli emzirmenin ve glutenin 4-6 ay arasında verilmesinin çölyak gelişme riskini azaltabileceğini ortaya koymuştur (Yıldırım, 2020).

Özetle, çölyak hastalığı sadece genetik bir yazgı değildir; çevresel etkilerle şekillenen bir otoimmün tablo olarak değerlendirilmelidir. Bu nedenle, hastalığa yatkın bireylerde glutenin diyetle ne zaman ve nasıl ekleneceği dahi ileride çölyak gelişme riskini etkileyebilecek önemli bir parametre olarak karşımıza çıkar (Kuloğlu, 2014).

Çölyak hastalarında klinik bulgular

Çölyak hastalığı, klinik yelpazesi oldukça geniş olan ve bireyden bireye farklı belirtilerle seyreden sistemik bir hastalıktır. Üstelik çölyak hastalığı sadece sindirim sistemiyle sınırlı kalmayıp, dermatolojik, nörolojik ve endokrinolojik sistemlerde de semptomlar ortaya çıkarabilmektedir (Yönel ve Özdil, 2014; Ertem, 2014). Bu semptomlar genellikle gluten içeren gıdaların tüketilmesiyle tetiklenir ve yaşam kalitesini belirgin şekilde düşürür (Küçükazman ve ark., 2008).

Hastalığın klasik formu genellikle çocukluk çağında ortaya çıkar ve başlıca bulgular arasında kronik ishal, karın ağrısı, karında şişkinlik, iştahsızlık ve kilo kaybı yer alır (Türksoy ve Özkaya, 2006; Yönel ve Özdil, 2014). İnce bağırsakta oluşan villus atrofi nedeniyle besin emilimi bozulur ve bu da gelişim geriliği, büyüme duraklaması ve demir eksikliği anemisi gibi malabsorpsiyon belirtilerine yol açar (Aydoğdu ve Tümgör, 2005; Küçükazman ve ark., 2008; Karaahmet, 2018). Özellikle çocuklarda büyüme eğrisinden sapma, gelişim geriliği ve okul başarısında düşüş gibi sosyal ve gelişimsel etkiler de göz ardı edilmemelidir (Kuloğlu, 2014). Bu durum, çölyak hastalığının sadece biyolojik değil, aynı zamanda psikososyal boyutları olan bir hastalık olduğunu göstermektedir (Ertem, 2014). Çocukluk döneminde görülen çölyak hastalığında huzursuzluk,

irritabilite ve diş minesinde bozulmalar gibi belirtiler de görülebilir. Bu tür nöropsikiyatrik ve dental bulgular hastalığın tanısını geciktirebilir (Ertem, 2014; Yıldırım, 2020).

Yetişkinlerde ise halsizlik, bitkinlik ve vitamin-mineral eksikliklerine bağlı kemik ağrıları gibi daha sinsi belirtiler ön plana çıkabilir (Küçükazman ve ark., 2008). Ayrıca bazı hastalarda tek bulgu irritabl bağırsak sendromu benzeri karın ağrısı ve dışkılama alışkanlığında değişiklik olabilir (Serin ve Akbulut, 2017). Bazen hastalar yıllarca sadece demir eksikliği anemisi şikayetiyle takip edilmekte ve altta yatan çölyak hastalığı gözden kaçabilmektedir (Ertem, 2014). Bu durum, hastalığın tanısında karşılaşılan güçlükleri bir kez daha ortaya koymaktadır.

Günümüzde çölyak hastalığının atipik veya sessiz formlarının da sık görüldüğü bilinmektedir. Bu olgularda klasik gastrointestinal semptomlar ya çok hafiftir ya da hiç yoktur (Yanar ve ark., 2013). Bunun yerine infertilite, tekrarlayan düşükler, osteoporoz, nörolojik semptomlar (periferik nöropati gibi) ve hatta psikiyatrik bulgular gibi daha beklenmedik şikayetlerle hastalık kendini gösterebilir (Yıldırım, 2020). Özellikle kadınlarda açıklanamayan adet düzensizlikleri veya ciltte görülen dermatit herpetiformis gibi dermatolojik bulgular da çölyak hastalığının bir yüzü olabilir (Serin ve Akbulut, 2017). Çölyak hastalığı artık sadece bağırsak hastalığı olarak değerlendirilmemekte, sistemik bir otoimmün tablo olarak kabul edilmektedir (Kuloğlu, 2014). Bu nedenle klinik şüphe eşiğinin düşük tutulması gerektiği, günümüzde üzerinde sıkça durulan bir konudur. Aynı zamanda, çölyak hastalığı olan bazı bireylerde hiçbir klinik bulgu gözlemlenmeyebilir. Bu "sessiz çölyak" formunda, genellikle başka nedenlerle yapılan tetkikler sırasında hastalık tesadüfen saptanır (Artan, 2005).

Çölyak hastalığının bir başka klinik formu ise "latent çölyak" olarak adlandırılır. Bu formda bireyde genetik yatkınlık ve pozitif serolojik bulgular vardır; ancak bağırsak biyopsisinde villus hasarı görülmez. Latent çölyak hastaları zamanla aktif hastalığa geçiş gösterebilir (Özkaya ve Özkaya, 2018).

Sonuç olarak, çölyak hastalığı yalnızca klasik gastrointestinal bulgularla sınırlı kalmayan, sistemik ve çok yönlü bir hastalıktır. Bu nedenle özellikle atipik semptomlarla başvuran bireylerde çölyak olasılığı göz önünde bulundurulmalı ve gerekli tarama testleri yapılmalıdır (Karaahmet, 2018).

Çölyak hastalığının tanı yöntemleri

Çölyak hastalığının tanısı; klinik belirtiler, serolojik testler, genetik analizler ve histopatolojik inceleme gibi bir dizi yöntemin birlikte değerlendirilmesiyle konur. Tanı süreci çoğunlukla hastanın semptomları doğrultusunda başlar, ancak asemptomatik bireylerde tarama testleri ile de çölyak hastalığı saptanabilir (Türksoy ve Özkaya, 2006; Küçükazman ve ark., 2008).

Çölyak hastalığının tanısı, hastalığın geniş klinik yelpazesi ve atipik bulguları nedeniyle oldukça titiz ve çok yönlü bir yaklaşım gerektirir. İlk basamakta serolojik testler büyük önem taşır. En yaygın kullanılan serolojik test, anti-doku transglutaminaz (anti-tTG) IgA antikoruudur. Bu test yüksek duyarlılık ve özgüllüğe sahip olup tanıda ilk tercih edilen testtir (Demirçeken, 2011; Yönel ve Özdil, 2014). Ayrıca anti-endomizyum antikoru (EMA) ve deamidasyona uğramış gliadin peptitlerine karşı oluşan IgG ve IgA antikorları da kullanılabilir (Kuloğlu, 2014; Serin ve Akbulut, 2017). Bu testler, gluten tüketimi sırasında pozitif sonuç verir ve hastalığın varlığı hakkında güçlü bir gösterge sunar. Ancak IgA eksikliği gibi durumlarda serolojik testlerin sonuçları yanıltıcı olabilir, bu nedenle hastaların total IgA düzeylerinin de değerlendirilmesi gerekir (Kuloğlu, 2014). Serolojik testlerin pozitif çıkması halinde, kesin tanı için endoskopik biyopsi yapılması şarttır.

İnce bağırsak biyopsisi, çölyak hastalığının tanısında altın standart olarak kabul edilmektedir. Endoskopik olarak duodenumdan alınan örneklerde villus atrofi, kript hiperplazisi ve intraepitelyal lenfosit artışı gibi patolojik değişiklikler incelenir (Artan, 2005; Demirçeken, 2011). Bu histopatolojik bulgular, hastalığın kesin tanısını koymak için kritik öneme sahiptir. Ancak, bazı hastalarda bu değişiklikler erken dönemde hafif olabilir ya da biyopsi örnekleri yeterince temsil edici olmayabilir, bu da tanıyı zorlaştırır (Yanar ve ark., 2013). Bu yüzden biyopsi sonuçları mutlaka klinik ve serolojik bulgularla birlikte yorumlanmalıdır. Ayrıca gluten tüketimine devam eden hastalarda biyopsi yapılması, yanlış negatifliği önlemek adına önerilir.

Son yıllarda genetik testlerin tanı sürecine katkısı artmıştır. Özellikle HLA-DQ2 ve HLA-DQ8 genotiplerinin varlığı, çölyak hastalığı için güçlü bir predispozisyon faktörü olarak kabul edilir (Ün ve Aydoğdu, 2003; Hayıt ve Gül, 2017). Bu testler, özellikle tanının belirsiz olduğu durumlarda ek bilgi sağlar; örneğin serolojik ve histolojik bulguların uyumsuz olduğu veya

glutensiz diyetle başlanmış hastalarda genetik testler yol gösterici olabilir (Serin ve Akbulut, 2017). Ancak genetik pozitiflik tek başına hastalık anlamına gelmez, çünkü bu genlere sahip olanların bir kısmı hiç çölyak hastalığı geliştirmeyebilir. Bu nedenle tanı koyarken seroloji, biyopsi ve genetik sonuçlarının bir arada değerlendirilmesi gerekir (Karaahmet, 2018; Özkaya ve Özkaya, 2018). Tüm bu yöntemlerin uyumlu kullanımı, hastaların gereksiz yere tanı almamalarını önleyip, doğru ve erken tedaviye başlamalarını sağlar.

Genetik olarak HLA-DQ2 ve/veya HLA-DQ8 allellerinin varlığı çölyak hastalığı için önemli bir yatkınlık göstergesidir. Ancak bu genetik özellikler toplumun büyük bir bölümünde bulunduğundan yalnızca bu verilere dayanılarak tanı konulamaz (Ün ve Aydoğdu, 2003). Tanı süreci boyunca hastaların gluten tüketmeye devam etmeleri gerekmektedir; aksi takdirde serolojik ve histolojik bulgular yanıltıcı olabilir (Yanar ve ark., 2013).

Glutensiz diyetle beslenme ve çölyak hastalığı

Çölyak hastalığında en kritik tedavi yöntemi, kesinlikle glutensiz diyetdir. Gluten içeren buğday, arpa ve çavdar gibi tahılların tamamen diyetten çıkarılması, hastalığın ilerlemesini durdurmanın ve bağırsaklardaki hasarın iyileşmesini sağlamanın tek yoludur (Yönel ve Özdil, 2014; Karaahmet, 2018). Bu diyet kapsamında buğday, arpa, çavdar gibi gluten içeren tahıllar ve bunlardan üretilen tüm gıdalar kesinlikle tüketilmemeli, bunların yerine taze sebze, meyve, baklagiller ve gluten içermeyen tahıllar (mısır, pirinç, karabuğday), kinoa ve glutensiz etiketli ürünler beslenmenin temelini oluşturup tercih edilmelidir. Hastaların beslenme alışkanlıklarını tamamen değiştirmesi gerekse de doğru planlama ile hem sağlıklı hem de lezzetli bir diyet oluşturmak mümkündür. Bu sayede, çölyak hastaları yaşam kalitelerini yükseltirken, hastalığın yol açabileceği uzun vadeli komplikasyonlardan korunabilirler (Türksoy ve Özkaya, 2006; Yönel ve Özdil, 2014; Karaahmet, 2018).

Bu süreçte deneyimli diyetisyen desteği hem hastaların yaşam kalitesini artırmak hem de hastaların doğru beslenme alışkanlıkları kazanması ile tedaviye uyumu sağlamak açısından büyük önem taşır.

Diyete başlanmasıyla birlikte genellikle birkaç hafta içinde semptomlarda gerileme gözlenir ve bağırsak mukozasında iyileşme süreci başlar. Ancak bu diyetin uygulanması hastalar için pek kolay değildir; çünkü gluten pek çok işlenmiş gıdada gizli olabilir ve hastaların etiket okuma

alışkanlığı geliştirmesi, bilinçli ve dikkatli olması gerekir. Ambalajlı ürünlerin etiketlerinin dikkatlice okunması ve çapraz bulaş riskine karşı önlem alınması gerekmektedir. Glutensiz ürünlerin üretim aşamasında bile glutenle temas etmiş olma ihtimali, hastalar açısından önemli bir risk faktörüdür (Artan, 2005). Ayrıca dışarıda yemek yeme alışkanlığı olan hastaların, restoran ve kafe gibi yerlerde yiyeceklerin içeriğini detaylı sormaları tavsiye edilir (Karaahmet, 2018).

Glutensiz diyetin uygulanmasında karşılaşılan en büyük zorluklardan biri, hastaların sosyal hayatlarında yaşadıkları kısıtlamalardır. Dışarıda yemek yemek, davetlere katılmak veya seyahat etmek gibi durumlarda glutenin gizli olduğu gıdalardan kaçınmak zorlaşabilir ve bu da hastalar üzerinde psikolojik bir yük yaratabilir, bu da hastaların psikososyal açıdan da desteklenmesini gerektirir (Artan, 2005; Demirçeken, 2011). Ayrıca, glutensiz ekmek, makarna ve unlu mamuller gibi ürünlerin kalitesinin artırılması için yapılan bilimsel çalışmalar hastaların hayatını kolaylaştırmakta ve beslenme çeşitliliğini artırmaktadır (Hayıt ve Gül, 2017). Böylece, çölyak hastaları da lezzetten ve sosyal hayattan kopmadan sağlıklı bir beslenme sürdürebilirler.

Glutensiz diyetle birlikte, tedavi sürecinde semptomların düzelmesi genellikle hızlıdır; ancak bağırsak mukozasının tam olarak iyileşmesi aylar hatta yıllar sürebilir (Demirçeken, 2011; Ertem, 2014). Bu nedenle, hastaların düzenli takipleri esastır. Takip sırasında serolojik testlerin izlenmesi, diyet uyumunun değerlendirilmesi açısından büyük önem taşır. Özellikle tTG antikorlarının seviyelerindeki düşüş, hastanın glutensiz diyetle ne kadar sadık kaldığını gösterir (Küçükazman ve ark., 2008; Yönel ve Özdil, 2014). Diyet dışı faktörler ya da ek hastalıkların varlığı tedavi başarısını etkileyebilir, bu yüzden multidisipliner bir yaklaşım gereklidir. Çölyak hastalığı, beslenme kaynaklı vitamin ve mineral eksikliklerine neden olabileceği için tedavi sürecinde demir, D vitamini, kalsiyum ve B12 gibi desteklerin verilmesi gerekebilir (Kuloğlu, 2014; Ertem, 2014). Ayrıca osteoporoz, anemi ve nörolojik bozukluk gibi komplikasyonların izlenmesi gerekir.

Nadir durumlarda, klasik glutensiz diyet tedavisine rağmen iyileşmeyen ya da komplikasyon gelişen hastalar için alternatif tedavi seçenekleri araştırılmaktadır. İmmün modülatör ajanlar, enzim destekleri ve yeni geliştirilen farmakolojik tedaviler üzerinde çalışmalar sürmekle birlikte,

henüz standart tedavi olarak kabul edilmemektedir (Karaahmet, 2018; Özkaya ve Özkaya, 2018). Bu gelişmeler, özellikle tedaviye dirençli çölyak hastalarında umut verici olmakla beraber, temel yaklaşımın glutensiz diyet olduğu gerçeğini değiştirmemektedir. Bu nedenle hasta ve hekimlerin iş birliğiyle, hasta eğitimi ve diyet uyumu öncelikli hedef olarak kalmaya devam etmektedir (Serin ve Akbulut, 2017).

Glutensiz diyetle uyum, hastalığın komplikasyonlarını önlemede ve yaşam kalitesini artırmada kritik öneme sahiptir. Ancak birçok endüstriyel gıdada glutenin saklı halde bulunabilmesi, hastalar için ciddi bir zorluk teşkil eder. Bu nedenle bireylerin ve ailelerin bir diyetisyen eşliğinde eğitilmesi önerilir (Karaahmet, 2018; Artan, 2005).

Bazı hastalarda glutensiz diyetle rağmen semptomlar devam edebilir. Bu durumda hastanın diyetle uyumu tekrar değerlendirilir, gerekirse gluten kontaminasyonu araştırılır. Nadir olarak refrakter çölyak hastalığı söz konusu olabilir ve bu durumda immünsüpresif tedavi gerekebilir (Küçükazman ve ark., 2008).

Sonuç olarak çölyak hastalığının tedavisinde temel yaklaşım, yaşam boyu glutensiz diyetin titizlikle uygulanmasıdır. Diyetle uyumun sağlanması yalnızca semptom kontrolünü değil, uzun dönem komplikasyonların önlenmesini de mümkün kılar (Yönel ve Özdil, 2014).

Koruyucu önlemler ve yaşam kalitesi

Çölyak hastalığında korunma, erken tanı ve sıkı diyet uyumuyla mümkündür. Özellikle ailesinde çölyak hastası bulunan bireyler, risk grubunda kabul edilmekte ve tarama testleri önerilmektedir (Türksoy ve Özkaya, 2006; Yönel ve Özdil, 2014). Erken yaşta tanı konulması ve glutensiz diyetle zamanında başlanması, uzun vadede komplikasyonların önlenmesinde büyük rol oynar.

Çölyak hastalığında koruyucu önlemler, sadece gluten tüketimini tamamen kesmekle sınırlı kalmaz; hastaların yaşam kalitesini artırmak için kapsamlı bir yaklaşım gerektirir. Gluten maruziyetini önlemek adına, evde ve dış ortamda çapraz kontaminasyonun engellenmesi büyük önem taşır. Örneğin, mutfakta kullanılan aletlerin, pişirme yüzeylerinin ve depolama alanlarının gluten içeren gıdalardan arındırılması, hastaların sağlıklı kalması için olmazsa olmazdır (Artan, 2005; Karaahmet, 2018). Bu tür önlemler, hastaların günlük yaşamlarında karşılaştıkları riskleri minimize

ederken, tedavi sürecinin etkinliğini de artırır. Ayrıca aile üyeleri ve yakın çevrenin bilinçlendirilmesi, çölyak hastalarının sosyal ve psikolojik destek görmesini sağlar, böylece hastalıkla başa çıkma süreçleri daha kolay hale gelir.

Yaşam kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biri, hastaların sosyal yaşamdaki kısıtlamalarla baş etme biçimidir. Glutensiz diyetin uygulanması çoğu zaman zorlayıcıdır; özellikle dışarıda yemek yerken veya sosyal etkinliklere katılırken gluten içeren yiyeceklerden kaçınmak zorunludur (Demirçeken, 2011). Bu durum, bireylerde izolasyon hissi ve psikolojik stres yaratabilir. Bu yüzden, psikososyal destek mekanizmalarının oluşturulması ve hasta eğitiminin önemi büyüktür. Eğitimle birlikte hastalar, gluten içerip içermediği konusunda daha bilinçli hale gelir ve kendilerini koruma konusunda daha özgüvenli olur. Ayrıca, glutensiz ürünlerin çeşitliliğinin artması, hastaların beslenme alışkanlıklarını zorlamadan yaşam kalitesini iyileştirmede büyük rol oynar (Hayıt ve Gül, 2017).

Son olarak, çölyak hastalarının yaşam kalitesini yükseltmek için düzenli takip ve multidisipliner bir yaklaşım gereklidir. Hastalık sürecinde, sadece diyetin uygulanması değil, aynı zamanda ortaya çıkabilecek vitamin ve mineral eksikliklerinin saptanıp giderilmesi, kemik sağlığının korunması ve diğer komplikasyonların önlenmesi gerekir (Kuloğlu, 2014; Serin ve Akbulut, 2017). Düzenli doktor kontrolleri ve laboratuvar tetkikleri, hastanın sağlığının izlenmesini sağlar ve tedavi planının güncellenmesine olanak tanır. Böylece hastalar hem fiziksel hem de ruhsal açıdan desteklenmiş olur; bu da onların günlük yaşamlarında daha özgür ve mutlu hissetmelerine katkıda bulunur (Küçükazman ve ark., 2008; Karaahmet, 2018). Çölyak hastalığı yönetiminde koruyucu önlemler ve yaşam kalitesi arasındaki bu bütüncül denge, hastaların uzun vadeli sağlığı için kritik bir öneme sahiptir.

Hastaların sosyal, psikolojik ve ekonomik destek alması, yaşam kalitesinin artırılması açısından önemlidir. Glutensiz ürünlerin yüksek maliyeti, bazı hastaların diyetle uyumunu zorlaştırabilir. Bu noktada devlet destekli gıda yardımları veya vergi indirimi gibi sosyal politikalar, çölyak hastalarının yaşam kalitesini artırmada etkili olabilir (Karaahmet, 2018).

Ayrıca toplumsal farkındalığın artırılması da çölyak hastalarının sosyal hayatta karşılaştıkları zorlukların azaltılmasına katkı sağlayabilir. Okullar, kreşler, hastaneler ve toplu yemek verilen kurumlarda glutensiz

seçeneklerin sunulması bu anlamda önemli bir adımdır (Artan, 2005; Türksoy ve Özkaya, 2006).

Sonuç

Çölyak hastalığı; genetik yatkınlık ve çevresel etmenlerle ilişkili, gluten tüketimine bağlı gelişen kronik bir otoimmün hastalıktır. Geniş bir klinik yelpazeye sahip olan bu hastalık, doğru tanı yöntemleri ve zamanında müdahaleyle etkin şekilde yönetilebilmektedir.

Serolojik testler, genetik analizler ve histopatolojik değerlendirme tanının temelini oluştururken, yaşam boyu sürdürülecek sıkı bir glutensiz diyet tedavinin merkezindedir. Glutensiz diyetin uygulanmasında karşılaşılan zorluklar, bireylerin beslenme planlarının profesyonel destekle yürütülmesini gerekli kılmaktadır.

Hastalığın yönetiminde bireysel çabaların yanı sıra toplumsal farkındalık, sağlık sistemlerinin desteği ve sosyal politikalar da etkili olmalıdır. Erken tanı, düzenli takip ve glutensiz yaşam tarzının benimsenmesi ile çölyak hastaları sağlıklı ve kaliteli bir yaşam sürdürebilirler (Yönel ve Özdil, 2014; Kuloğlu, 2014; Karaahmet, 2018).

Kaynaklar

- [1] Aydoğdu, S., ve Tümgör, G. (2005). Çölyak hastalığı. *Güncel Pediatri*, 3(1), 47-53.
- [2] Artan, R. (2005). Çölyak hastalığı. *Türkiye Klinikleri Pediatric Sciences-Special Topics*, 1(8), 60-63.
- [3] Dalgıç, B., Sarı, S., Özcan, B., Baştürk, B., Eğritaş, Ö., Ensari, A., ... Çölyak Çalışma Grubu (2011). Türk çocuklarında çölyak hastalığı ile ilişkili olası etmen ve belirtilerin değerlendirilmesi. *Türk Pediatri Arşivi*, 46(4), 323-330.
- [4] Demirçeken, F. G. (2011). Gluten enteropatisi (çölyak hastalığı): Klasik bir öykü ve güncel gelişmeler. *Güncel Gastroenteroloji*, 15(1), 58-72.
- [5] Ertem, D. (2014). Çölyak Hastalığı. *Klinik Tıp Pediatri Dergisi*, 9(1), 1-10.
- [6] Hayıt, F., ve Gül, H. (2017). Çölyak ve çölyak hastaları için üretilen ekmeklerin kalite özellikleri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(1), 163-169.

- [7] Karaahmet, F. (2018). Çölyak hastalığı'nda teşhis süresi. *Ege Tıp Dergisi*, 57(4), 228-231.
- [8] Kuloğlu, Z. (2014). Çölyak Hastalığı. *Journal of Pediatric Disease/ Türkiye Çocuk Hastalıkları Dergisi*, 8(2).
- [9] Küçükazman, M., Ata, N., Dal, K., Nazlıgöl, Y. (2008). Çölyak hastalığı. *Dirim Tıp Gazetesi*, 83, 85-92.
- [10] Özkaya, V., & Özkaya, Ş. Ö. (2018). Çölyak Hastalığına Diyetetik Yaklaşım. *Selcuk University Medical Journal*, 34(4).
- [11] Serin, Y., & Akbulut, G. (2017). Çölyak hastalığı ve glutensiz diyet tedavisine güncel yaklaşım. *Türkiye Klinikleri Journal of Health Sciences*, 2(3), 192-200.
- [12] Soya, S. (2014). Çölyak hastalığındaki moleküler ve genetik gelişmeler. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 57(4), 274-282.
- [13] Türksoy, S., & Özkaya, B. (2006). *Gluten ve çölyak hastalığı*. Türkiye, 9, 24-26.
- [14] Tunç, N., Şahin, A., Orhan, S., Yalınz, M., Demirel, U., Poyrazoğlu, O. K., & Bahçecioğlu, İ. H. (2016). Çölyak hastalığı; 5 yıllık takip, antikor-patoloji korelasyonu. *Endoskopi Gastrointestinal*, 24(2), 43-46.
- [15] Ün, C., Aydoğdu, S. (2003). Çölyak hastalığının moleküler genetik temelleri. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 46(1), 75-79.
- [16] Yanar, Ö., Durmaz, Ö., & Gökçay, G. (2013). Atipik Başlangıçlı Çölyak Hastalığı. *Journal of the Child/Cocuk Dergisi*, 13(3).
- [17] Yıldırım, E. (2020). Çölyak hastalığı ve glutensiz besleme. *Genel Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(3), 175-187.
- [18] Yönel, O., Özdiş, S. (2014). Çölyak hastalığı. *Güncel Gastroentoloji*, 18(1), 93-100.

Simulation of physiological parameters for homeostatic maintenance: The role of digital twin technology

Mehtap ODABAŞI*¹
Ebru BARDAŞ ÖZKAN²

Geliş tarihi / Received: 21.07.2025

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 29.07.2025

Kabul tarihi / Accepted: 30.07.2025

DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v20i71005

Abstract

Digital twin technology is an innovative approach to personalized health management by way of digital modeling of physiological parameters. This technology enables 24/7 monitoring of the basic life-sustaining functions of the organism, simulation of these functions, and early detection of deviations for timely intervention in preventive medicine. Digital twin applications provide a key component in maintaining homeostatic balance, preventing acute illnesses, and optimizing interventions. This review elucidates circuitously all the structural components of digital twins, their connections with physiological systems, applications in health and sports, and medical applications. We will discuss some of the major limiting factors, which include data security, costs, ethical issues, and legal regulations.

Keywords: Digital Twin, Homeostasis, Personalized Medicine, Artificial Intelligence, Systems Biology, Health Technologies.

^{1*} T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı İstanbul Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü, odabasimehtap1@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7914-4506.

² Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Tıp Fakültesi, drebrubardas@gmail.com, ORCID: 0009-0001-8752-125X

Homeostatik denge için fizyolojik parametrelerin simülasyonu: Dijital ikiz teknolojisinin rolü

Öz

Dijital ikiz teknolojisi, fizyolojik parametrelerin dijital modellemesi yoluyla kişiselleştirilmiş sağlık yönetimine yenilikçi bir yaklaşımdır. Bu teknoloji, organizmanın temel yaşam sürdürme fonksiyonlarının 7/24 izlenmesini, bu fonksiyonların simülasyonunu ve önleyici tıpta zamanında müdahale için sapmaların erken tespitini mümkün kılar. Dijital ikiz uygulamaları, homeostatik dengenin korunmasında, akut hastalıkların önlenmesinde ve müdahalelerin optimize edilmesinde önemli bir bileşen sağlar. Bu inceleme, dijital ikizlerin tüm yapısal bileşenlerini, fizyolojik sistemlerle bağlantılarını, sağlık ve spordaki uygulamalarını ve tıbbi uygulamalarını dolaylı olarak açıklamaktadır. Veri güvenliği, maliyetler, etik sorunlar ve yasal düzenlemeler gibi bazı önemli sınırlayıcı faktörleri tartışacağız.

Anahtar Kelimeler: Dijital İkiz, Homeostaz, Kişiselleştirilmiş Tıp, Yapay Zekâ, Sistem Biyolojisi, Sağlık Teknolojileri.

Introduction

Digital twin technology is one of the main foundations of the digital transformation process. Homeostatic balance is foundational and essential for ensuring survival and optimum functioning in living organisms. Homeostasis means steady internal physical and chemical conditions maintained by living systems. This includes core body temperatures, blood pH, glucose concentration, osmotic pressure, oxygen and carbon dioxide levels, as well as millions of hormone concentrations, all of which must remain within tightly regulated physiological ranges to ensure proper cellular activity, enzymatic function, and organ system performance (Cellina et al., 2023; Tao et al., 2018).

The human body achieves homeostasis through complex and highly integrated regulatory mechanisms within it. The central nervous system receives afferent signals continuously from peripheral sensory receptors. Cardiovascular System is Nutritional and fluids Exchange System. Endocrine System is Feedback to Central Nervous System on Metabolic Activity. Renal System-Electrolyte and Fluid Balance. Any of these homeostatics manipulates and alters by some factors, such as

environmental stressors, pathogens, metabolic disturbances, or lifestyle factors, to possibly set off a pathogenic process or disease (Zhao et al., 2024; Hosseini et al., 2021).

This confluence during the past years between biomedical sciences and advanced computational technologies is now presenting new potentials for observing and intervening in the dynamic physiological systems. Digital health innovations- and shortly digital twin technology- made possible continuous high-resolution monitoring and analysis of a person's internal state. A digital twin is a virtual representation of a physical entity that is dynamically updated according to real-time data. Digital twin applications in health care may create a virtual model of an individual's physiological functions, integrated by a whole variety of data streams-from anatomical imaging and molecular biomarkers to treatment-metrics behaviors and environmental exposures (Krittanawong et al., 2020; Salvador et al., 2024). The individual digital representations will allow clinicians and researchers to visualize in a risk-free virtual environment how the body of a particular patient may respond to therapeutic interventions, stressors, or disease progression. Digital twins can also predict a deviation from homeostasis before any clinic symptoms are visible, which opens up proactive, personalized medical strategies against the direct approach to prevent reactive medicine shifting from reactive to preventive medicine. This not only assures better outcomes for the patient but also enhances healthcare systems in terms of efficiency and sustainability (Vallée,2023; Haleem et al., 2023; Ríos et al., 2020). Accordingly, digital twin technology is one among the new transforming frontiers in precision health and dynamic homeostatic control (Tao et al., 2018; Björnsson, et al., 2019).

The building blocks of digital twin technology

Data collection

Digital twin technologies succeed with systematic and incessant acquisition of data, imparting multimodal real-time information into its virtual model. Foremost, wearable-sensor devices—the likes of smartwatches, fitness bands, skin patches, biosensor-embedded textiles, and implantable monitor-having devices—hold a place of prominence in the flywheel of capturing real-time physiological signals. These devices detect critical health parameters, including heart rate, respiratory rate, arterial oxygen saturation (SpO2), blood pressure, electrocardiogram (ECG) patterns,

glucose levels, skin temperature, and the galvanic skin response (Salvador et al., 2024; Cheng et al., 2020; Zhou et al., 2020).

With the inclusion of these biosensors, biometric systems track facial expressions, voice modulations, and body postures to ascertain inferences about stress, mood, and cognitive load. M-health applications provide user-reported data on medication adherence, dietary intake, fluid consumption, and exercise routines. EHRs afford clinical data retrospective of diagnostic imaging, laboratory values, prescriptions, surgical histories, allergies, or even chronic disease registries (Hossani et al., 2022).

The biological fidelity of the digital twin further benefits from genomics, proteomics, metabolomics, and microbiome profiling, integrating high-dimensional omics datasets. Epigenetic signatures and gene-environment interplay allow for some dynamic personalization of the model. Environmental data—air quality, ambient temperature, noise pollution, UV exposure, etc.—may also be streamed from geolocation-based databases or external sensors to encompass extrinsic factors acting on health (Zhang et al., 2020).

Probing truthfulness, completeness, and frequency of acquisition of data, these are of paramount importance to sustain high resolution and contextual awareness of the digital twin. Synchronizing across devices and timestamping all stakeholders' heterogeneous data streams cohesively aligns the streams. Reliable and lossless transfer of data preferably through encrypted cloud platforms or edge-computing nodes is important to maintain the two pillars of reliability and privacy. Integrity of data, minimum latency, and compliance with standards of protecting health data—for example, HIPAA, GDPR—are set-in-stone features of the architecture of digital twin data collection (Cellina et al., 2023; Hassani et al., 2022)

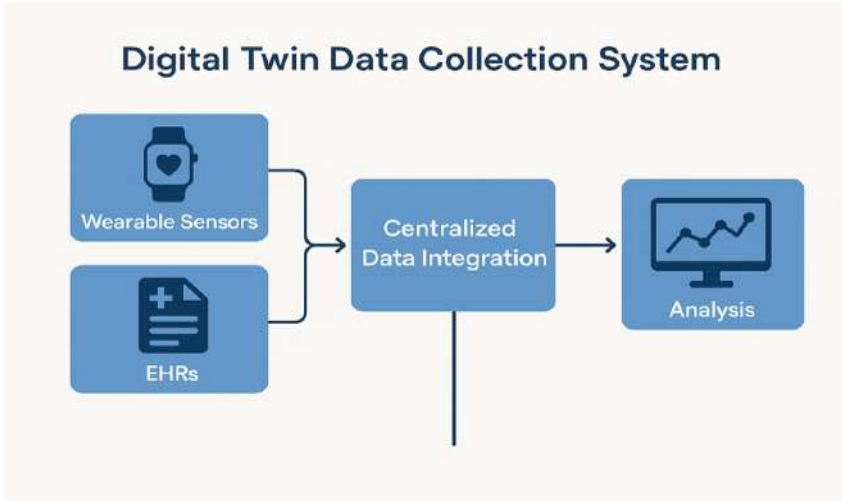


Figure 1. Flowchart of digital twin data collection system: From wearable sensors and EHRs to centralized data integration and analysis.

Modeling and simulation

First, the data collected undergo the process of mathematical modeling and artificial intelligence methodologies to realize a dynamic digital avatar of the individual, which accurately and continuously simulates one or more organs of the individual. The digital twin, thus modeled, represents real-time, or very close, simulation of physiological responses, metabolic activity of one's body, and organ systems, as well as all biological processes being simulated broadly but in real-time.

Modeling methods span to and across a disciplinary spectrum to capture the complexity and dynamics that these biological systems have inherently (Tao et al., 2018; Hosseini et al., 2021):

Systems Biology Approaches: This is by bringing into the mathematical framework cellular and molecular networks, for example, profiles of gene expression via pathways of metabolism and cascades of signaling, to represent complex biological interactions and their effects on the function of the whole organism.

Dynamic Systems Theory: Based on differential equations, dynamic models describe mechanisms to act into homeostasis and environmental perturbations (Cheng et al., 2020). Thus making it possible to analyze system behavior over time concerning stability and responses to perturbation.

Differential Equation-Based States: These states track organ and metabolic activities over continuous time with differential equations describing evolving states of biological parameters. Such models, for instance, can be used for simulating hemodynamic variables in the cardiovascular system or pharmacokinetic/pharmacodynamic (PK/PD) profiles of specific drugs. This modeling can be done at the individual cell, molecular, or organ systems level, which is then treated as an autonomous agent acting in a specified environment and interacting with other agents. This modeling can then be used to achieve heterogeneous yet complex biological systems connecting micro-levels with corresponding macro-level outcomes of interest.

Machine Learning and Artificial Intelligence Algorithms: Data-driven techniques learn from massive datasets of physiologic responses and health records in predicting future states, as well as pathological changes, using various techniques like deep learning, support vector machines, and random forests. (Sun et al., 2022).

The organism will be able to predict how the organism would respond to different endogenous and exogenous stimuli, such as stressors or those coming from pharmacological interventions with environmental change or further disease progression, when simulating the modeling. It is likely for possible adverse effects, which drugs may have, early signals of metabolic dysfunction or risk to cardiovascular health, before clinical presentation. (Sun et al., 2022)

Definitely, along with these advancements in simulation for the prognostic, a method for the early identification of high-risk populations would in form to introduce personalized preventive strategies. With the convenience of digital twin simulations for therapeutic planning optimization and better patient outcomes, these can shift into clinical decision support systems.

Digital Twin Simulation Architecture

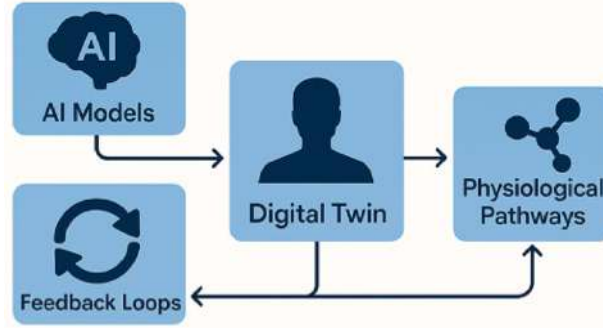


Figure 2. *Digital twin simulation architecture: Integration of AI models, physiological pathways, and feedback loops.*

Real-Time predictions and feedback

Digital twins continuously analyze the individual's physiological status in real time, feed-in, and process the incoming data from various sources; these include physiological status as presented by wearable sensors, mobile health applications, and electronic health records (Salvador et al., 2024; Zhao et al., 2024). Such a system performs real-time monitoring to track subtle deviations and emerging imbalances in homeostasis before any clinical symptoms occur.

Upon identifying any possible risk or critical alteration, such as impending hypoglycemic episodes through declining glucose levels too rapidly, the digital twin generates real-time early warning messages (Chu et al., 2023). Such messages may be incorporated directly as an application on the user's or healthcare provider's mobile phones, as an SMS alert, or as part of the already integrated healthcare communication framework (Gonzalez-Rivaz et al., 2025).

Most importantly, such alerts are accompanied by informed recommendations in individual cases that may vary from advice on medication dose adjustments to dietary or lifestyle adjustment suggestions and advice to seek clinical evaluation. This feedback loop engages dynamic management of the health condition, thus minimizing adverse events and yielding more favorable outcome measures in patients (Zhou et al., 2020).

Digital twins thus go beyond the conventional passive monitoring system and enter the domain of intelligent decision-support tools. These are equipped to offer substantive realistic guidance to both users and practitioners in making appropriate, data- informed decisions in real-time to achieve more effective health care delivery tailored to the individual.

Clinical applications

Management of diabetes

Digital twinning has offered a boost for personalized management in a novel way; type 1 and type 2 diabetes mellitus have become a new example of the transformation processes brought about by digital twins to allow continuous, dynamic, and integrative monitoring of metabolic parameters and other physiological quantifiable performances (Chu et al., 2023; Ríos et al., 2020). Digital twins construct truly individualized metabolic profiles via the collection and the processing of real-time information such as glucose levels in blood, conditions of administering insulin, consumption of carbohydrates, physical activity, and many other lifestyle factors.(González-Rivas et al., 2025; Niarakis et al., 2024).

The most basic feature of digital twins in diabetes care, at its very essence, is that of continuously monitoring glycemic variability. By capturing the changes in blood glucose levels thrice daily and developing the patterns of glycemic indices, these models can identify those patterns that predict at which time hypoglycemic or hyperglycemic episodes are about to occur. The use of this predictive knowledge enables early intervention to correct the direction of glucose levels and minimize acute complications. Using such integration with CGM and insulin pumps allows setting up of automated insulin dosing algorithms which react to the real-time physiological need of the patient to improve their glycemic control in an easy way to the patients (Kamel Baulas and Zhang ., 2021; González-Rivas et al., 2025).

In addition to the above, digital twins are also able to trace the early indications of diabetes complications in the long run, such as diabetic retinopathy, nephropathy, and neuropathy. Such models identify minute physiological changes occurring before symptoms start to manifest by mounting longitudinal data on clinical domains, laboratory findings, and biomarker profiles that can lead to early stratification of risk and preventive healthcare (Vallée, 2023; González-Rivas et al., 2025).

The information from dietary habits, physical activity patterns, and personal preferences further enriches personalized lifestyle interventions embodied in digital twins. Predictive analytics use these digital twins to assess how different diets and physical activity affect metabolism and tailor individualized diet and activity plans optimizing metabolic health. Importantly, this personalization is dynamically updated according to new incoming data, allowing adaptation in time to changes in health or effectiveness of treatment (Haleem et al., 2023).

Overall, digital twin technology makes diabetic management extensive and patient-centered by promoting ongoing monitoring, predictive modeling, and personalized intervention. The approach optimizes short-term and long-term benefits through improved glycemic control and reduced risk for acute as well as chronic complications, while empowering patients through real-time feedback and clinical decision support, ultimately improving quality of life and long-term outcomes (González-Rivas et al., 2025).

Cardiovascular disease

Digital boys/digital doubles or twins basically played a major role in almost all critical cardiovascular diseases such as an increasingly progressive spectrum, including hypertension, coronary artery disease, and heart failure. Analyzing the dramatically growing multidimensional physiological data continues. Heart rate variability, blood pressure fluctuation, electrocardiogram (ECG) patterns, and the relevant levels of biomarkers such as troponins and natriuretic peptides form essential parameters that are combined into the digital model that develops a comprehensive profile (Krittanawong et al., 2020; Siemens Healthineers, 2021).

Through advanced analytics and predictive modeling, such digital twins would be able to identify minute deviations pointing toward cardiovascular events- myocardial infarction, arrhythmias, or acute decompensated heart failure- much before clinical signs could appear. Examples may include variations in heart rate variability or changes of ECG morphology that might indicate autonomic malfunction or might show ischemic aspects preceding an infarction as well as trends on blood pressure or biomarker fluctuations indicating such events as early stages of an increase in heart failure exacerbation.(Coorey et al., 2022;Salvador et al., 2024).

The early detection makes the groundwork for very personalized and timely interventions, which could be medication changes, lifestyle changes, or emergency clinical evaluation to avail of the greatest benefits from significantly decreased risks of severe or fatal results (Coorey et al., 2022; Cellina et al., 2023). Furthermore, digital twins can simulate or open avenues for investigating individual therapeutic approaches, such that medical practitioners optimize therapeutic plans for the individual's specific cardiovascular Dynamics (Salvador et al., 2024).

All in all, digital twin technology renders proactive risk assessment, constant monitoring, and optimized treatment for the individual patient, ultimately improving that patient's prognosis and quality of life, i.e. digitally augmented disease management in a cardiovascular patient.

Electrolyte balance and renal function

With digital twins, one can perform a continuous holistic monitoring and predictive management of electrolyte balance and renal function in patients of chronic kidney disease (CKD) or subjects undergoing therapy with heavy diuretic influence upon fluid and electrolyte homeostasis. The technology builds a dynamic individual model of renal and systemic homeostasis based on multidimensional physiological data.

Real-time monitoring of important electrolyte disturbances in sodium (Na^+), potassium (K^+), calcium (Ca^{2+}), and magnesium (Mg^{2+}) is monitored. These electrolytes may trigger extreme clinical end-organ-complications: hyperkalemia and hypokalemia may give rise to cardiac arrhythmias, alterations in calcium and magnesium cause neuromuscular irritability, while acid-base imbalances affect the metabolic set-up. Digital twins permit continuous monitoring for perturbations in serum electrolyte concentrations, correlating these with other physiological parameters, and highlight potential early signs of dysregulation that would precede clinical symptoms.

In tandem, digital twins synthesize and analyze the bits and pieces of information regarding renal function: glomerular filtration rate (GFR), blood urea nitrogen (BUN), and serum creatinine concentration (Hosseini et al., 2021; Tao et al., 2018). By longitudinally assessing trends and short-term changes in these parameters, the model can detect the initial stages towards renal incapacity or acute kidney injury (AKI) and further allow time intervention. The model of the digital twin will also consider

comorbidity and treatment issues as well hemodynamic status in the context of renal pathology.

Fluid management also occupies distinguishingly important space in digital twins. Patient hydration status can be predicted with great confidence complete with comprehensive data on fluid intake, urine output, electrolyte excretion, and hemodynamic measurements fed into the system. In this way, the digital twins cater to personalized recommendations slated toward modifying fluid therapy to eliminate complications associated with volume overload, for illustration, by worsening hypertension and heart failure or dehydration that works against renal perfusion and function (Balasubramanyam, et al., 2024).

Digital twins can use predictive analytics and simulation to assess the renal and systemic impact of therapeutic interventions such as changes in diuretic dosing or starting nephrotoxic agents. This enables the customizing of treatment for individuals, balancing risk and benefit.

Thus, the management of electrolyte disturbance and renal function utilizing digital twin technology begins once an imbalance is detected through continuous monitoring. Dynamic fluid management can then proceed with projection of treatment outcome under all those considerations. All in all, integration of this approach greatly enhances patient safety by optimizing clinical decision-making and prognosis in renal impairment or electrolyte disturbance patients.

Health and performance in sports

Digital twin technology is an inevitable event in enhancing performance and wellness management by professional sports people and hobbyists alike. The broad spectrum of physiological and biomechanical parameters- such as musculoskeletal load, energy expenditure, thresholds of lactate, and sleep and recovery patterns-in terms of continuous analysis will create integrated and personalized profiles of an athlete's current physical state and performance capacity.

Musculoskeletal load monitoring is a good technique to quantify the stress placed on the muscles, joints, and connective tissues by training and competing so that training intensity and volume can be adjusted accurately to reduce the likelihood of injury occurrence. Energy expenditure has also been useful when combined with metabolic markers such as lactate

threshold to improve conditioning programs relative to aerobic or anaerobic power.

Sleep quality and recovery were also used to generate personalized recovery protocols from the wearable sensors and self-reports that interpreted the data regarding how much strain the body holds. The artificial brain detects signs of very early on overtraining syndrome or excessive fatigue and allows timely adjustment in training for performance decline prevention and injuries.

Moreover, such systems recreate various training and recovery approaches to steer the precompetition buildup scientifically, developing endurance, strength, and overall performance of an athlete. Digital twins have reduced recovery times and optimized training loads, thereby improving the potential of sustaining performance at its peak while stretching the athletic longevity.

To sum up, digital twin technology incorporates complex, multi-dimensional flows of data, while delivering tailored information for training and recovery, and the prevention as well as enhancement of performance, and generally an improved athlete's well-being.

Medical research and clinical trials

Digital Twins have brought in virtual test subjects for the Imaginary research conducted in silico, thus opening a most advanced simulation in the medical field for quite a change in the medical research and drug development process (Ríos et al., 2020). Digital twinning can simulate pharmacokinetic (PK) and pharmacodynamic (PD) personalized processes for an individual, accurately modeling absorption, distribution, metabolism and excretion of the drug as a function for the patient's unique biological profile (Kamel Baulos and Zhang et al., 2021). The accurate prediction of therapeutic action and likely drug-drug interactions and toxicity avant la lettre is breathtakingly precise and happens before clinical applications.

Digital twins can stratify participants into clinical trials according to different genetic, phenotypic, and environmental factors (Tao et al., 2018; Zhao et al., 2024). Stratification thus improves trial design, as it allows the specification of subpopulations that may respond differently to the given intervention, thus increasing the precision, reproducibility, and ethical relevance of study results. Second, digital twins run trial outcomes as if in

a virtual world for optimizing dose regimens and reducing sample sizes for predicting adverse events, leading to the optimization of clinical research for efficiency and economy at the same time (Cheng et al., 2020).

Hypothesis testing and discovery with biomarkers take place there in quite a fast track, with computerized simulations that can run indefinitely, under any condition, without any ethical complication and practical consequences of human experimentation. It boosts personalized medicine, facilitating therapy decisions by predicting the response of the individual. This, then, states that there is consideration now to the new concept of a digital twin in medical research and clinical trials, speaking of promissory changes that would much develop in quick time the power to predict, develop personalized models and optimize study designs that in turn will improve patient safety and therapeutic efficacy.

Challenges encountered

Data security and privacy

Healthcare data become regarded as one of the most sensitive forms of personal information when it is articulated in its component form that an individual might possess knowledge of intimate details as pertaining to an individual's physical and mental health state. Digital twins continuously accumulate, transmit, and store such petrifying amounts of data, which subsequently make them soft targets for unauthorized access and cyber attacks. Hence, security and patient privacy enshrining are among fundamental objectives (Vallée, 2023).

That is in addition to the application of solid protection measures, of which some should include industrial-grade encryption techniques for data at rest and in transit, which will then back encryption against interception or tampering. For instance, other technologies like blockchain have decentralized, immutable ledgers that will ensure integrity and traceability of health records which add to fraud and data manipulations reduction risks-in a way. Anonymity and pseudonymization techniques will help safeguard a patient from being identifiable during sharing of data with related purposes of research application. Last but not least, multifactor authentication systems serve a reinforced access control by demanding more than one verification before granting access to repositories of sensitive data.

On the other hand, privacy is also ensured by the risk incessant assessment and compliance to data-protection laws such as GDPR or HIPAA, and by building a culture of safety in each health provider and the patient.

Cost and accessibility

Many aspects of digital twin systems require funding: purchasing sensor hardware, developing or licensing AI and machine learning modules, and integrating with existing healthcare information infrastructure (Cellina et al., 2023; Hassani et al., 2022). Where costs may pose further enormous barriers in some particular situations, like that of a resource-limited condition, especially in low- and middle-income countries, they may become exacerbated existing inequities regarding accessibility and quality of healthcare. (Vallée, 2023).

While money will certainly be an issue, ease of accessibility will depend more on the techno-literacy of the patient and the healthcare professional themselves. If intermediate interfaces with regular requirement for device calibration and challenges in data interpretation are created, then there would be a big limitation in usability, especially in older adults' populations or in those lacking any digital experience (Zhang et al., 2020). Hence, to overcome this digital divide, investments need to be made not just in technology, but also in education systems, user-centric designs, and support systems that allow all users to interact with digital twin platforms efficiently (Vallée, 2023).

Cost containment based on continuity with scalable cloud computing, open-source software, and modular hardware components along with the policy measures for equitable distribution of technology to make sure that the benefits emerging from digital twin applications in healthcare become democratized (Ríos et al., 2020; Siemens Healthineers, 2021).

Standardization and legal regulations

The creation of international standards is critical for digital twin technologies to be integrated safely and effectively in clinical practice and medical decision-making. Integration, and hence a broader usage, become impossible if heterogeneous data formats, variable quality standards, and completely irregular interoperability frameworks exist (Ríos et al., 2020; Hosseini et al., 2021).

New legal and ethical concerns arise with respect to data sharing, ownership, and cross-border transfer of health information. In such cases, the developers of technology, the providers of care, and the users should clearly define their responsibilities and liabilities with respect to failures of the system and erroneous outputs (Cellina et al., 2023). For informed consent, new complexities arise, where patients are expected to understand how their data are used for not only their own care but also potentially for training algorithms and other broader research (Zhao et al., 2024; Balasubramanyam, et al., 2024).

These regulatory bodies' comprehensive frameworks to deal with these issues must harmonize standards across jurisdictions to allow innovation while safeguarding patient rights (Ríos et al., 2020). Clarity between clinicians, technologists, ethicists, and policymakers is essential for the ethical and legally sound application of digital twins in practice (Siemens Healthineers, 2021; Tao et al., 2018).

Conclusion

By offering the possibility for monitoring, modeling, and maintaining an individual body's homeostasis, digital twin technology stands for a radical advance in personalized medicine, the tools of which might only be dreamt of before (Tao et al., 2018; Cellina et al., 2023). Digital twins are transformed from a reactive modality toward a proactive, prevention-predictive-patient treatment model because real-time data streams are all connected into predictive algorithms. Transformational dimensions are already visible in chronic disease management, improved sports performance, public health surveillance, and biomedical research, deeply embedding digital twins into the core future intelligent healthcare systems (Björnsson et al., 2019; Haleem et al., 2023).

Fast evolution and increasing application of digital twins are seen in recent studies from 2020 to 2025. Salvador et al. (2024) showed that digital twin technology, through simulation modeling of cardiac electrophysiology with respect to congenital heart disease, will produce individualized therapy plans. Á GEénRivas et al. (2025) mentioned that digital twin technology changed the parameters describing diabetes care by employing AI to offer real-time glycemic monitoring and dynamic modifications of lifestyle. As such, evidence supporting the ability of digital twins to integrate areas of clinical involvement with individualized therapy becomes undeniable.

Yet many challenges remain before digital health can go mainstream. Data security and privacy remain major issues which need to be solved by means of encryption technology or blockchain technology in compliance with rights established in acts such as GDPR and HIPAA (Vallée, 2023; Zhang et al., 2020). Even under such resources-poor environments, accessibility and affordability pose sometimes significant constraints to the utilization of such tools, warranting some equity distribution of these technologies (Ríos et al., 2020; Balasubramanyam et al., 2024). Moreover, a lack of common standards in data integration and interoperability raises a call for global cooperation to strengthen establishment of international guidelines (Hosseini et al., 2021; Zhao et al., 2024).

The interaction of this technology produces an ethical and legal dilemma. Specifically, issues related to ownership of data, securing informed consent, and attribution of liability in case of erring systems need regulatory frameworks that will safeguard patients' rights and win their trust (Cellina et al., 2023; Siemens Healthineers, 2021). The solution to the above barriers requires a coalition of actors in one multidisciplinary endeavor for responsible innovation: health care providers, engineers, policymakers, and ethicists.

Digital twin technology may thus revolutionize health delivery systems by molding precision medicine into a scalable method for improving health outcomes for larger populations. Addressing current limitations and encouraging global collaboration could guide digital twins toward making the future of healthcare more powerful, intelligent, adaptive, equitable, and patient-centered. Research and advancement of technology will integrate digital twins into the next generation of healthcare systems.

References

- [1] Akbarzadeh, A., Rezaei-Sadabady, R., Davaran, S., Joo, S. W., Zarghami, N., Hanifehpour, Y., ... & Nejati-Koshki, K. (2013). Liposome: classification, preparation, and applications. *Nanoscale Research Letters*, 8(1), 102.
- [2] Balasubramanyam, A., Ramesh, R., Sudheer, R., & Honnavalli, P. B. (2024). Revolutionizing healthcare: A review unveiling the transformative power of digital twins. *IEEE Access*, 12, 69652–69676.
- [3] Björnsson, B., Borrebaeck, C., Elander, N., Gasslander, T., Gawel, D.

- R., Gustafsson, M., Jörnsten, R., Lee, E. J., Li, X., Lilja, S., Martínez-Enguita, D., Matussek, A., Sandström, P., Schäfer, S., Stenmarker, M., Sun, X. F., Sysoev, O., Zhang, H., Benson, M., & Swedish Digital Twin Consortium. (2019). Digital twins to personalize medicine. *Genome Medicine*, 12(1), 4.
- [4] Cellina, M., Cè, M., Ali, M., Irmici, G., Ibba, S., Caloro, E., Fazzini, D., Oliva, G., & Papa, S. (2023). Digital twins: The new frontier for personalized medicine? *Applied Sciences*, 13(13), 7940. <https://doi.org/10.3390/app13137940>
- [5] Cheng, L., Liu, J., & Xu, P. (2020). Digital twin-driven collaborative intelligence in healthcare. *Nature Digital Medicine*, 3(1), 1–8.
- [6] Chu, Y., Li, S., Tang, J., & Wu, H. (2023). The potential of the medical digital twin in diabetes management: A review. *Frontiers in Medicine*, 10, 1178912. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1178912>
- [7] Coorey, G., Figtree, G. A., Fletcher, D. F., Snelson, V. J., Vernon, S. T., Winlaw, D., Grieve, S. M., McEwan, A., Yang, J. Y. H., Qian, P., O'Brien, K., Orchard, J., Kim, J., Patel, S., & Redfern, J. (2022). The health digital twin to tackle cardiovascular disease—A review of an emerging interdisciplinary field. *NPJ Digital Medicine*, 5(1), 126. <https://doi.org/10.1038/s41746-022-00640-7>
- [8] Daraee, H., Etemadi, A., Kouhi, M., Alimirzalu, S., & Akbarzadeh, A. (2016). Application of liposomes in medicine and drug delivery. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 44(1), 381–391.
- [9] González-Rivas, J. P., Seyedi, S. A., & Mechanick, J. I. (2025). Artificial intelligence enabled lifestyle medicine in diabetes care: A narrative review. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 15598276251359185
- [10] Haleem, A., Javaid, M., Singh, R. P., & Suman, R. (2023). Exploring the revolution in healthcare systems through the applications of digital twin technology. *Biomedical Technology*, 4, 28–38.
- [11] Hassani, H., Huang, X., & MacFeely, S. (2022). Impactful digital twin in the healthcare revolution. *Big Data and Cognitive Computing* 6(3), 83.
- [12] Hosseini, S. R., Zhang, Y., & Kordi, M. (2021). Digital twins for personalized renal function monitoring. *Journal of Biomedical Informatics*, 118, 103792.

- [13] Kamel Boulos, M. N., & Zhang, P. (2021). Digital twins: From personalised medicine to precision public health. *Journal of Personalized Medicine*, 11(8), 745.
- [14] Krittanawong, C., Virk, H. U. H., Bangalore, S., Wang, Z., Johnson, K. W., Pinotti, R., Zhang, H., Kaplin, S., Narasimhan, B., Kitai, T., Baber, U., Halperin, J. L., & Tang, W. H. W. (2020). Machine learning prediction in cardiovascular diseases: A meta-analysis. *Scientific Reports*, 10(1), 16057. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72685-1>
- [15] Niarakis, A., Laubenbacher, R., An, G., et al. (2024). Immune digital twins for complex human pathologies: Applications, limitations, and challenges. *NPJ Systems Biology and Applications*, 10, 141.
- [16] Ríos, A., Pérez, L., Gómez, M., & Martínez, F. (2020). The role of digital twin in personalized medicine. *Bioengineering*, 7(4), 116.
- [17] Salvador, M., Kong, F., Peirlinck, M., Parker, D. W., Chubb, H., Dubin, A. M., & Marsden, A. L. (2024). Digital twinning of cardiac electrophysiology for congenital heart disease. *Journal of the Royal Society Interface*, 21(215), 20230729.
- [18] Siemens Healthineers. (2021). Digital twin applications in cardiovascular health. Siemens Healthineers Reports. <https://www.siemens-healthineers.com/en-us/news/digital-twin-cardiovascular-2021>
- [19] Sun, T., He, X., Song, X., Shu, L., & Li, Z. (2022). The digital twin in medicine: A key to the future of healthcare? *Frontiers in Medicine*, 9, 907066. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.907066>
- [20] Tao, F., Sui, F., Liu, A., Qi, Q., Zhang, M., Song, B., & Nee, A. Y. C. (2018). Digital twin-driven product design framework. *International Journal of Production Research*, 57(12), 3935–3953. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1443229>
- [21] Vallée, A. (2023). Digital twin for healthcare systems. *Frontiers in Digital Health*, 5, 1253050.
- [22] Zhang, J., Li, L., Lin, G., Fang, D., Tai, Y., & Huang, J. (2020). Cyber resilience in healthcare digital twin on lung cancer. *IEEE Access*, 8, 201900–201913.
- [23] Zhao, F., Wu, Y., Hu, M., Chang, C. W., Liu, R., Qiu, R., & Yang, X. (2024). Current progress of digital twin construction using medical imaging. *arXiv preprint arXiv:2411.08173*.

Y Kromozomu: Adli genetik ve antropolojik çalışmalara geniş bir bakış

Candar Yıldız^{*1}

Geliş tarihi / *Received*: 27.07.2025

Düzeltilerek geliş tarihi / *Received in revised form*: 29.07.2025

Kabul tarihi / *Accepted*: 30.07.2025

DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v20i71006

Öz

Y kromozomu, insan genomunun en küçük kromozomlarından biri olup cinsiyet belirleme ve erkek soyunun izlenmesinde kritik bir role sahiptir. SRY geni, testis gelişimini tetikleyerek erkek fenotipinin oluşumundan sorumludur. Y kromozomunun büyük bir kısmını oluşturan NRY (non-recombining region of Y) bölgesi, rekombinasyona uğramadığı için babadan oğula değişmeden aktarılır ve bu özelliğiyle adli vakalarda, babalık testlerinde ve soy araştırmalarında kullanılır.

Y kromozomu üzerindeki genetik işaretçiler (STR'ler, SNP'ler, indel'ler) adli bilimlerde kimlik tespiti, cinsel saldırı vakalarında failin belirlenmesi ve tarihsel göçlerin izlenmesi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Özellikle SNP'ler, düşük mutasyon oranları ve degrede DNA örneklerinde bile analiz edilebilme avantajları nedeniyle adli genetikte giderek daha fazla tercih edilmektedir. Antropolojik çalışmalarda ise Y kromozomu haplogrupları, insanlığın göç yolları ve popülasyonlar arasındaki genetik ilişkilerin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelime: Y Kromozomu, Adli Genetik, Antropoloji

^{1*} cndryldz@gmail.com ORCID:0009-0008-8562-2891

Y Chromosome: A broad perspective on forensic genetic and anthropological studies

Abstract

The Y chromosome is among the smallest chromosomes in the human genome and plays a pivotal role in sex determination and paternal lineage tracing. The SRY (sex-determining region Y) gene initiates testis development, thereby governing the establishment of the male phenotype. A substantial portion of the Y chromosome consists of the non-recombining region of Y (NRY), which, due to its lack of recombination, is transmitted unaltered from father to son. This unique characteristic renders it invaluable in forensic investigations, paternity testing, and genealogical studies.

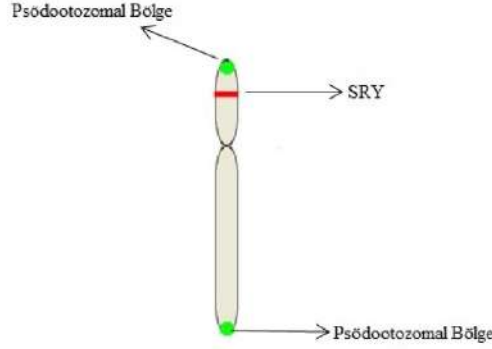
Genetic markers located on the Y chromosome—including short tandem repeats (STRs), single nucleotide polymorphisms (SNPs), and insertion-deletion polymorphisms (indels)—are widely employed in forensic sciences for applications such as human identification, perpetrator profiling in sexual assault cases, and reconstructing historical migration patterns. Notably, SNPs are increasingly favored in forensic genetics due to their low mutation rates and robustness in analyzing degraded DNA samples. Furthermore, in anthropological research, Y-chromosomal haplogroups provide critical insights into human migration routes and the genetic relationships among populations, contributing to a deeper understanding of human evolutionary history.

Keywords: Y Chromosome, Forensic Genetics, Anthropology

Giriş

20. yüzyılın başlarına kadar bireylerin cinsiyetinin annenin gebelik döneminde beslenmesi gibi çevresel faktörlerin belirlediği düşünülmekteydi. 1923 yılında Painter'ın X ve Y kromozomlarının keşfetmesiyle birlikte X kromozomunun sayısı bireylerin cinsiyetini belirlediği öngörülmüyordu (Painter, 1923; Cui, 1997). 1959 yılında erkek bireylerin cinsiyetinin belirlenmesinin X kromozomunun sayısından bağımsız ve Y kromozomunun varlığının belirlediği öngörüldü (Jacobs ve Strong, 1959). 1990'lı yılların başlarında ise Y kromozomunda cinsiyet belirleyici gen bölgesi (SRY-sex determining region-Y) keşfedildi. Dişi fare embriyolarına transfer edilen SRY gen bölgesinin bu embriyolarda testis gelişimine neden olduğu gözlemlendi. Günümüzde SRY gen ekspresyonunun insanlar ve diğer

memelilerde erkek cinsiyetinin gelişiminden sorumlu birincil gen olduğu kabul edilmektedir (Sinclair ve ark., 1990; Koopman ve ark., 1991; Berta ve ark., 1990)

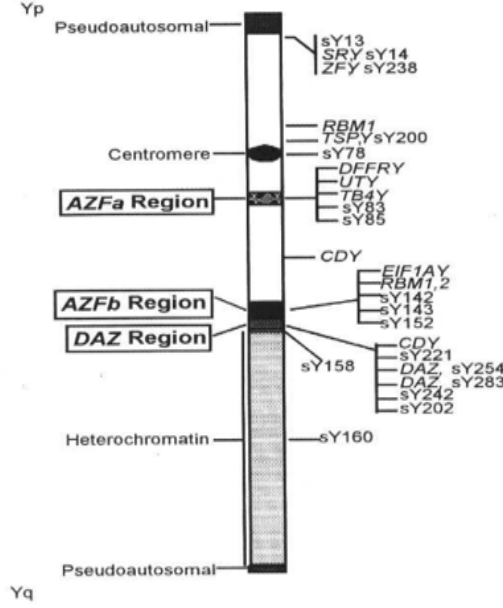


Şekil 1. Y kromozomuna ait cinsiyet belirleyici gen bölgesi (SRY--sex determinining region-Y).

İnsanda bulunan 23 çift kromozom arasında Y kromozomu en küçük kromozomlardan biridir. Yaklaşık olarak 60 milyon baz çifti (Mb) içermektedir ve akrosentrik bir yapıya sahiptir. Y kromozomun kısa ve uzun olmak üzere iki kolu bulunmaktadır. Uzun ve kısa kolunun uç bölgelerinde 3 Mb içeren psödootozomal bölgeler (Pseudoautosomal regions-PARs) bulunmaktadır. Kısa kolun uç bölgesinde bulunan psödootozomal bölge PAR1 olarak adlandırılırken uzun kolun uç bölgesinde bulunan psödootozomal bölge PAR2 olarak adlandırılmaktadır. PAR1 ve PAR2 bölgeleri mayoz bölünme aşamasında X kromozomu ile bağlantı kurarak yeniden düzenlenmektedir (Gusmão ve ark., 1999; Akhatova ve ark., 2013).

Y kromozomunun psödootozomal bölgelerinin dışında kalan kısmı X kromozomu ile herhangi bir rekombinasyona uğramamaktadır. X kromozomu ile rekombinasyona uğramayan bu kısma rekombinasyon olmayan bölge (non-recombine region of Y chromosome-NRY) olarak adlandırılmaktadır. NRY, Y kromozomunun yaklaşık %95' ini oluşturmaktadır. NRY heterokromatik, ökromatik ve sentromatik olmak üzere 3 bölgeden oluşmaktadır. Sentromatik bölge yaklaşık 1 Mb, ökromatik bölge yaklaşık 23Mb ve heterokromatik bölge yaklaşık 40 Mb içermektedir. Heterokromatik bölge DYZ-1 ve DYZ-2 olarak bilinen 2 tekrarlayıcı alan içermektedir. DYZ-1 bölgesi, tekrarlanan 5 nükleotid

dizisinden (5'-TTCCA-3') oluşan 3.4 Kb uzunluğundadır. DYZ-1 bölgesi ilk olarak 1976 yılında tanımlanmıştır. DYZ-1 ve DYZ-2 bölgeleri adli araştırmalarda cinsiyet tespiti için kullanılmıştır (Akhatova ve ark., 2013; Quintana-Murci ve ark., 2001; Navarro-Costa ve ark., 2012; Tilford ve ark., 2001; Ali ve ark., 2002; Ali ve ark., 2003).



Şekil 2. Y kromozomunun yapısı

Y Kromozomu'nun adli bilimler açısından önemi

Y kromozomunun büyük bir kısmını oluşturan NRY bölgesinde mayoz bölünme süresince rekombinasyon olayının görülmemesi sonucunda bu bölgede herhangi bir mutasyonel olay gelişmedikçe babadan oğula değişim geçirilmeden aktarılmaktadır. Bu nedenle söz konusu bölgede aynı soydan gelen tüm erkekler aynı genotipe sahiptir. Ayrıca Y kromozomu baba soy geçmişini aksettirmekte ve ataları arasında gerçekleşen tüm mutasyonların bir kaydını içermektedir (Quintana-Murci ve ark., 2001; Navarro-Costa ve ark., 2012; Tilford ve ark., 2001; Ali ve ark., 2002; Ali ve ark., 2003; Li ve ark., 2008).

Y kromozomunun analizi, kriminal kanıtların incelemesi, babalık testi, tarihsel ve soy çalışmaları gibi birbirinden farklı araştırmalarda kullanılmaktadır. Adli uygulamalar açısından birçok avantaj içermektedir.

Bunlardan biri cinsel saldırı suçlarında erkek ve kadına ait biyolojik materyalin karışmış olduğu vajinal sürüntü, tırnak kazıntısı, cilt üzerinde tükürük gibi örneklerde erkeğe ait genetik profilin belirlenmesidir. Diğeri ise babanın bulunmadığı durumda karşılaştırma materyali olarak baba soyundan bir erkeğin genotipinden yararlanılmasına olanak tanınmasıdır. Bu özellik aynı zamanda kimliği bilinmeyen cesetlerin kimliklendirilmesinde de kullanılmaktadır (Britten ve ark., 1968).

Y kromozomu 1980’li yıllara kadar polimorfik içerikten yoksun olarak kabul edilirdi. Son yıllarda yapılan çalışmalar sonucu Y kromozomu üzerindeki polimorfik varyasyonların (SNP, mikrosatellit,indel) ortaya çıkması ile birlikte adli bilimlerde önemli bir genetik kanıt olarak kabul görmektedir. Y kromozomunun diğer kromozomlara nazaran mutasyon oranının düşük olması Y kromozomu üzerindeki varyasyonların sınırlı sayıda kalmasına sebep olmuştur. Bu özellik, insan filogenetik ve adli bilimler alanında Y kromozomunu mitokondriyal DNA’ya (mtDNA) göre daha avantajlı kılmaktadır. Çünkü yüksek mutasyon oranı ilk ataya doğru gidildikçe doğru sonuca varmadaki zorlukları artırmaktadır (Casanova ve ark., 1985)

Y kromozomu ve genetik işaretçiler

Genetik işaretçilerdeki (varlık yokluk veya sekans değişimiyle) varyasyonun genlerdeki varyasyonu temsil ettiği bilgisinden hareketle bu işaretçilerin genetik araştırmalarda kullanımı fikri doğmuştur. Adli bilimlerde kullanılacak olan genetik işaretçiler yüksek oranda polimorfizm, heterozigotluk göstermelidir. Ayrıca kullanılacak olan genetik işaretçilerin kalıtım modeli net olarak tanımlanmış olmalıdır. Popülasyonlarda genetik işaretçinin allel, genotip ve fenotip sıklığı belirlenmiş olmalı aynı zamanda basit, hızlı, tekrarlanabilir ve ucuz yöntemlerle çalışılabilir olması gerekmektedir. Y kromozomuna bağlı polimorfizm ilk kez 1985 yılında Casanova, Lucotte ve Ngo tarafından keşfedilmiştir. Y kromozomunun NRY bölgesinde birçok genetik işaretçi bulunmaktadır. Bunlar; satellitler, insersiyon-delesyonlar, tek nükleotid polimorfizmleridir (Single Nucleotide Polymorphism-SNP) (Britten ve ark., 1968; Casanova ve ark., 1985).

-Satellitler

Ökaryotik genomlar tekrarlanan DNA dizileri bulundurmaktadır. Tekralanan DNA dizilerinin boyutlarının her türü bulunmaktadır ve genellikle tekrar biriminin uzunluğu ve ardışık tekrar birimlerinin sayısı ya da tekrar dizisinin toplam uzunluğu ile belirlenmektedir. Bu tekrar

bölgeleri genellikle satellit olarak adlandırılmaktadır ve kromozomal sentromerin çevresinde bulunabilmektedir. Satellitler, ilk defa genomik DNA'nın küçük parçalara bölünüp sonra ultrasantrifüj ile bir yoğunluk gradyanında ayrıştırıldığında gözlemlendi (Britten ve ark., 1968; Casanova ve ark., 1985).

Satellitler, minisatellit ve mikrosatellit olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Değişken sayıda ardışık tekrar dizileri (Variable Number Tandem Repeat-VNTR) olarak da adlandırılan minisatellitler, bulundukları lokusa bağlı olarak 6 baz çifti (bp) ile 100 baz çiftinden fazla tekrar birimleri içeren kilobaz (kb) uzunluğundaki dizilerdir. Mikrosatellitler, ardışık şekilde tekrarlanan DNA dizileridir. Basit dizi tekrarları (Simple Sequence Repeats-SSRs) ya da ardışık tekrar dizileri (Short Tandem Repeats-STRs) olarak adlandırılmaktadır. Mikrosatellitler, 1-5 bp uzunluğunda 5-30 kez tekrarlanan birimler içermektedirler (Tamaki ve ark., 2005).

İlk kez 1980 yılında Wyman ve White tarafından tanımlanmış, 1985 yılında Alec Jeffreys ve arkadaşları tarafından minisatellit olarak adlandırılmış olan VNTR lokusları telemorik bölgeler içermektedir ve tekrarlanan ünitelerin sayısına bağlı olarak uzunluk polimorfizmi göstermektedirler. İlk çoğaltılan VNTR lokusu 1989 yılında Boerwinkle ve arkadaşları tarafından bulunan ve 2 numaralı kromozomun kısa kolu üzerinde yer alan apolipoproteine (APO) yakın 3'APO B lokusudur. Adli alanda 1990'lı yıllarda genetik işaretçi olarak kullanılmış olan D1S80 minisatellit lokusu en az 16 en fazla 41 kez tekrarlanan birimler içeren allellere sahiptir. Tekrar birimlerinin uzunluğu 16 bç'dir. D1S80 lokusunun 29 allelli olduğuna göre teokrik olarak 29 homozigot, 406 heterozigot olmak üzere 435 farklı genotip göstermesi mümkündür. Her bir bölgede çok sayıda allelin varlığı minisatellitlerin heterozigotluk oranının yüksek olmasına neden olmaktadır. Minisatellit bölgelerindeki yüksek mutasyon oranları polimorfizm oranlarını artırmakta ve popülasyonlardaki bireylerin çoklu lokus profillerini farklılaştırmaktadır. Yüksek polimorfizm ve tekrarlanabilir olması minisatellitlerin temel avantajları arasında gösterilmektedir. Bunun yanı sıra benzer büyüklükte elde edilen DNA parçacıklarının homolog olmama ihtimali ve band profillerinin lokuslar veya alleller açısından yorumlanamaması dezavantajları olarak kabul edilmektedir (Nakamura ve ark., 1987; Kloosterman ve ark., 1993; Filiz ve ark., 2011).

Mikrosatellitler, ilk olarak 1989 yılında insan genomunda tek bir lokusun amplifikasyonundan sorumlu olan DNA dizisine komşu olarak bulunan,

dinükleotid tekrar dizileri olarak tanımlanmışlardır. Genom içerisinde mono, di, tri ya da tetra nükleotid permutasyonların herhangi biri şeklinde tandem olarak tekrarlanan (tandem repeated) kısa DNA sekanslarıdır. Mikrosatellitler ökaryotik organizmaların tümünde, özellikle yüksek yapılı organizmalarda farklı bölgelerde çok sayıda prokaryotlarda çok düşük frekansta ve ayrıca organel genomlarında bulunmaktadır. Prokaryotlarda birçok biyolojik fonksiyona sahip olduğu halde ökaryot hücrelerde rolü tam olarak bilinmemektedir (Weber ve ark., 1989; Field ve ark., 1996; Sia ve ark., 1997).

Mikrosatellitler evolusyon çalışmalarında, kriminalistik çalışmalarda (fertlerin akrabalık ilişkisi, anne-baba tayini), gen haritalarının oluşturulmasında, popülasyonun genetik parametrelerinin belirlenmesinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Mikrosatellitler, yaygın olarak 2 nükleotidli tekrarlardan [(CA)_n] 2 nükleotidli farklı formlarda da (AC, AT, AAC, AAT, CCG vb) bulunabilmektedir. Mikrosatellitler eş baskın genetik işaretçilerdir. Mikrosatellitlerde tekrar bölgelerini kuşatan DNA dizileri bir türün bireylerinde aynı olmasına rağmen türün bireylerinde sayıları bireyler hatta bireyin homolog kromozomları arasında dahi farklılık gösterebilmektedir. Üç nükleotid tekrarlı mikrosatellit bölgelerinin %60 oranında polimorfik olduğu, 2 bç tekrarlı mikrosatellitlerin ise %100 tekrarlı mikrosatellitlerin sahip olduğu belirlenmiştir. Tetranükleotid tekrar üniteleri içeren lokuslar tanımlanması sırasında hata payının az olması, jelde ayırımının daha kolay olması ve amplifikasyonu tamamlanan örneklerin elektroforezinde artık ürün oluşumunun daha az olması sebebiyle adli uygulamalarda daha çok tercih edilmektedir (Weber ve ark., 1989; Field ve ark., 1996; Sia ve ark., 1997).

İnsan genomunda heterozigotlukları %70'in üzerinde olan 1300'den fazla STR lokusu tanımlanmış olup adli bilimlerde DNA'nın intron bölgelerinde yer alanlar tercih edilmektedir. Ayrıca bir STR lokusunun adli amaçlı kullanılması için lokusun ayırım gücünü, heterozigotluk oranına, kromozomal lokasyonuna, PCR ile çoğaltılabilmesine ve tekrarlanabilir sonuçların elde edilmesi gibi parametreler göz önünde bulundurulmalıdır.

Y kromozou üzerinde tanımlanan ilk mikrosatellit lokusu (Y-STR) Y27H39 olup bugün DYS19 olarak adlandırılmaktadır. Hali hazırda sadece Y kromozomuna özgü 25'in üzerinde Y-STR lokusu tanımlanmıştır. Bunların içinde DYS385 lokusunun ortalama dışlama gücünün (MEC-Mean Exclusion Change) 0,87-0,96 arasında değiştiği tespit edilmiş ve şimdiye

kadar tanımlanan en fazla bilgi verici lokuslardan olduğu gösterilmiştir (Altun., 1999).

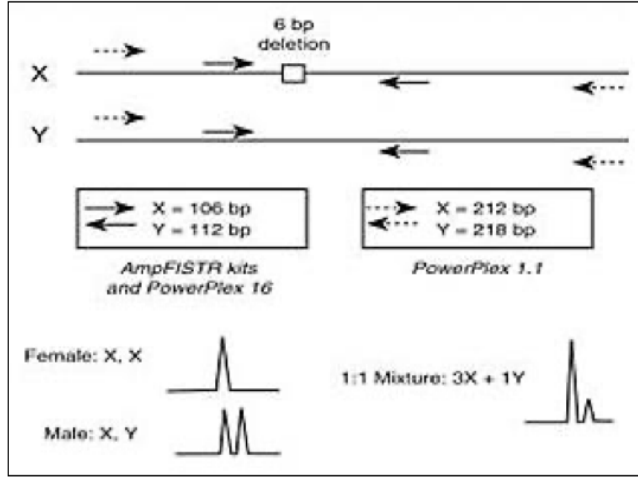
-İnsersiyon-delesyonlar

Bir DNA dizisine bir veya birden fazla nükleotid eklenmesi durumuna insersiyon denir. Mikrosatellit bölgelerinde özellikle DNA polimerazın kayma yapması sonucunda insersiyonlara sık rastlanmaktadır. İnsersiyonlar büyüklük olarak tek bir baz çiftinden tüm bir kromozoma kadar dahil olabilmektedir. Delesyonlar ise insersiyonların aksine DNA dizisinden bir veya birden fazla nükleotidin silinmesi durumudur. Baz eklenmesi-silinmesi olarak tanımlanan insersiyon ve delesyonlar (Indel), filogenetik çalışmalarda, popülasyon çalışmalarında genetik işaretçi olarak kullanılabilir. Birden fazla Indellerin genomik bölgelerde tür tanımlama işlemleri için kullanılabilir olduğu gösterilmiştir (Kondrashov ve ark., 2004; Vâli ve ark., 2008).

Indel polimorfizmlerinin uzunlukları 1 bp ile 10000 bp arasında değişmektedir. Kısa Indeller (yaklaşık 2-6 bp) adli analizler için uygun bi-allellik işaretçiler olmakla birlikte 40 veya daha az sayıdaki Indellerin kombinasyonu bireyleri birbirlerinden ayırt edilmesine yardımcı olmaktadır. 2002 yılında Weber ve arkadaşları (ark.) tarafından yapılan çalışmada insana ait 2000 Indel noktası tanımlanmış ve rapor edilmiştir. Yakın zamanda Mills ve ark. tarafından yapılan çalışmada birkaç milyon Indel noktası tanımlanmıştır (Oka ve ark., 2014; Seong ve ark., 2014).

1994 yılında Hammer tarafından yapılan çalışmada Alu insersiyonunun Y kromozomunun q kolu üzerinde olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada Alu insersiyonuna (YAP) sahip bireylerde 300 bp'lik bir dizinin oluşumuna sahip iken bu insersiyonun gözlenmediği bireylerde ise herhangi bir dizinin oluşumu görülmemiştir (Hammer., 1994).

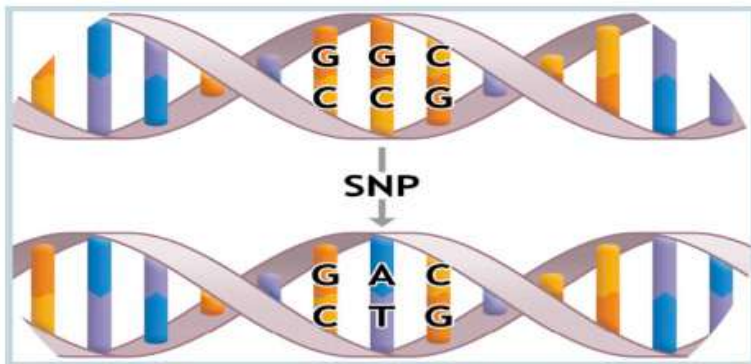
Dış minesinin gelişiminde etkili olan Amelogenin (AMEL) geni, X ve Y kromozomları arasındaki lokus dizisinin farklarından yararlanarak adli bilimlerde kimliği bilinmeyen insan örneklerinin cinsiyet tespitinde kullanılmaktadır. AMEL X intron 1 bölgesi AMEL Y intron 1 bölgesine göre 6 bp delesyona uğramıştır. AMELX ve AMEL Y bölgelerinin dizinin analizi sonucunda AMEL X bölgesin 106 bp AMEL Y ise 112 bp olduğu görülmektedir (Nakahori ve ark., 1991; Thangaraj ve ark., 2002).



Şekil 3. X ve Y kromozomunun amelogenin lokus dizisi farklılıkları ve cinsiyet tayini.

-Tek nükleotid polimorfizmi

Tek nükleotid polimorfizmi (SNP) popülasyonlardaki bireylerde bulunan farklı sekans (alleli) alternatifli DNA'lardaki tek baz değişimidir. Bir popülasyondaki tek baz değişiminin frekansı %1'den büyük ise SNP, %1'den küçük ise mutasyon olarak adlandırılmaktadır. SNP'ler bir pürin bazının diğer bir pürin bazıyla (A-G) veya bir primidin bazının diğer primidin bazıyla değişimi (C-T) olarak adlandırılan transisyonlar ve bir pürin bazının bir primidin bazıyla değişimi olarak bilinen transversiyonlar gibi baz değişimlerini içermektedir. Ayrıca tek baz insersiyonları ve delesyonlarıda SNP olarak kabul edilmektedir (Brookes., 1999; Cho ve ark., 1999).



Şekil 4 Tek Nükleotid polimorfizmi.

İnsan genomunda yaklaşık 2,91 milyar baz çifti ve 35 bin gene sahiptir. Tüm insanların baz diziliminin %99,9'u birbirinin aynısıdır. Gen diziliminin %0,1'lik farklılık insanlar arasındaki çeşitliliğin genetik temelini açıklamaktadır. SNP sıklığı ortalama her 100-300 bp birdir. İnsan genomunda 10 ile 30 milyon arasında SNP işaretçisi bulunduğu tahmin edilmektedir (Sönmezoğlu ve ark., 2010).

Genelde teorik olarak SNP'ler bi, tri ya da tetra polimorifik işaretçilerdir. SNP üzerine yapılan araştırmalarda genomdaki belli bir bp pozisyonunda mutasyon oranının oldukça düşük olması (100 milyon jenerasyonda ortalama 1 mutasyon) ve aynı pozisyonunda iki nokta mutasyonun olma olasılığının az olması sebebiyle insanda tri ve tetra SNP yok denecek kadar azdır. Bu yüzden SNP'ler bi-allelik işaretçiler olarak kabul edilmektedir (Goodwin ve ark., 2007).

Tablo 1 Kromozomlardaki SNP dağılımı.

KROMO-ZOM	UZUNLUK (BÇ)	SNP	SNP SIKLIĞI (KB)	KROMO-ZOM	UZUNLUK (BÇ)	SNP	SNP SIKLIĞI (KB)
1	214,066,000	129,931	1.65	13	93,711,000	53,093	1.77
2	222,889,000	103,664	2.15	14	89,344,000	44,112	2.03
3	186,938,000	93,140	2.01	15	73,467,000	37,814	1.94
4	169,035,000	84,426	2.00	16	74,037,000	38,735	1.91
5	170,954,000	117,882	1.45	17	73,367,000	34,621	2.12
6	165,022,000	96,317	1.71	18	73,078,000	45,135	1.62
7	149,414,000	71,752	2.08	19	56,044,000	25,676	2.18
8	125,148,000	57,834	2.16	20	63,317,000	29,478	2.15
9	107,440,000	62,013	1.73	21	33,824,000	20,916	1.62
10	127,894,000	61,298	2.09	22	33,786,000	28,410	1.19
11	129,193,000	84,663	1.53	X	131,245,000	34,842	3.77
12	125,198,000	59,245	2.11	Y	21,753,000	4,193	5.19

Genomda bilinen 1,42 milyon SNP'nin her 1.91 Kbç başına 1 SNP yoğunlukta bulunduğu bilinmekle birlikte ekson gen bölgelerinde 60 000 SNP bulunduğu ve eksonun %85'inin SNP'nin 5 Kb yakınında yer aldığı belirlenmiştir. SNP bilgilerine ulaşmak için; GenBank, PubMed, LocusLink ve Genome Sequence gibi kaynak bilgiler ile NCBI veri tabanındaki bilgiler kullanılmaktadır. Tablo-1'deki verilere göre SNP'ler ortalama 1910 bazda bir görülmektedir. Bu oran bireyler ve populasyonlar arasında değiştiği

gibi, kromozomlar ve lokuslar arasında da değişmektedir. Otozomal kromozomlarda 1/1980, X kromozomunda 1/3767, Y kromozomunda 1/5188 oranında SNP görülmektedir (Sachidanandam ve ark., 2001; Smigielski ve ark., 2000).

-Adli bilimlerde tek nükleotid polimorfizminin önemi

Adli genetik laboratuvarında karşılaşılan en büyük problem gelen DNA örneğinin idealden az ve bozuk DNA içermesidir. Post-mortem süreçte DNA bozulma sürecini ilk olarak endojen nükleazlar başlatır. Bunu takiben çevrede bulunan mikroorganizmalar tarafından salınan ekzojen nükleazlarca yıkım devam eder. Enzimatik yıkımı, çok daha yavaş devam eden non-enzimatik ya da çevresel şartlar takip etmektedir. DNA fosfodiester bağı non-enzimatik hidrolize yüksek derecede dirençli iken, glikozidik bazlı şeker bağı en duyarlı bağıdır. İntrasellüler içeriğe benzer iyonik konsantasyonlu ortamda (37C ve 7.21 pH) pürinsiz bölgenin 288-355 saat arası yarı ömre sahip olduğu belirtilmektedir. Teorik olarak 15 C 'de 800bp'lik DNA parçalanmasının gerçekleşmesinin 5–10 bin yıl alacağı bildirilmektedir. Ayrıca primidinlerin (özellikle Timin) oksidatif hasara pürinlerden daha hassas olduğu belirtilmektedir. Bunun gibi çeşitli endojen ve eksojen kaynaklı maruziyetler DNA miktarının limitli olmasını ve Adli bilimciyi tek bir analizde güvenilir sonuç elde etmeye zorlamaktadır. RFLP gibi eski teknolojilerle çok parçalanmış DNA örneklerinin özellikle antik DNA'nın analizi oldukça zordur. Çünkü RFLP metodunda DNA eldesi için ortalama 100 nanogram (ng) gerekmektedir. Özellikle kimliklendirmede yapılan çalışmalarda degrade materyallerde SNP'de STR'a göre daha iyi sonuçlar alınabileceği gösterilmiştir. Bunun sebebi STR lokusları 200 bp'den daha uzundur. Fakat degrade DNA materyallerinde DNA dizi uzunlukları 150 bp'den daha azdır. Bu da 200 bp'den fazla uzunluğa sahip STR lokuslarının amplifiye olmalarını engellemektedir. Buna karşılık SNP'ler PCR çoğalması sırasında çok kısa uzunluktaki DNA bölgelerinden analiz edilebilirler (Lindahl., 1993; Hofreiter ve ark., 2001; Crine ve ark., 1976; Lindahl ve ark., 1972; Geigl., 2002; Bell ve ark., 2002).

Tablo 2. Farklı adli araştırmalar için verilmiş farklı genetik işaretçilerin ayırım gücü.

Örnek	Ayrım Gücü		
	SNP; K=2	STR; K=5	VNTR-RFLP K=40
Karışık 1	1	7	23
Karışık 2	1	6,5	27
İkili	1	3,5	14
Üçlü	1	4	12
Kardeş	1	3,3	11
Adli Araştırma	1	2,6	6,4
Kardeş Olmayan	1	2,7	5,1

K : Allel sayısı

Karışık 1 : Kurbana ve sanığa ait örneklerin karışmış olduğu delillerin analizinde.

Karışık 2 : Sanığa ve bilinmeyen bir kişiye ait örneklerin karışmış olduğu delillerin analizinde.

Üçlü : Anne, çocuk ve baba üçlüsünün bulunduğu babalık testlerinde.

İkili : Annenin olmadığı, sadece baba ve çocuğun analiz edildiği babalık testlerinde.

Kardeş : Annesi ve babası aynı olan kardeşlerin, babaları bir, anneleri farklı ya da anneleri bir babaları farklı kardeşlerin ayırımı için yapılan testlerde.

Adli bilimlerde nesep tayinleri için analiz edilen lokusun mutasyon oranının bilinmesi gerekmektedir. Y-STR lokusları çalışıldığında DYS392 ve DYS393 lokuslarında mutasyona gözlenmezken DYS399’unda mutasyon oranı $8,58 \times 10^2$ bulunmuştur. Y-STR üzerindeki tüm lokuslar incelendiğinde mutasyon oranının $2,8 \times 10$ bulunmuştur. Bu sonuç her bin baba oğul çiftinden yaklaşık 3’ünde mutasyon gözleneceği anlamına gelmektedir ve otozomal STR’lardaki mutasyon oranına eşittir. Y-STR ayırım gücü otozomal STR’lardan daha düşüktür. SNP’lerdeki mutasyon oranı STR’lara göre 100.000 defa daha düşüktür. Böylelikle tek nükleotid polimorfizmi araştırılarak mutasyon oranı uzaklaştırılabilir ve STR’a göre daha güvenli sonuçlar alınabilmektedir. 13 STR lokusu (CODIS) analiz edildiğinde genetik tutarsızlık olasılığı %3,9 iken 52 SNP noktası analiz edildiğinde baba ile çocuk arasındaki genetik uyumsuzluk olasılığı %0,0006’dır (Heyer ve ark., 1997; Kayser ve ark., 2000; Kayser ve ark., 2001; Brinkmann ve ark., 1998; Weber ve ark., 1993; Chakraborty ve ark., 1999).

Y-dna ve antropolojik çalışmalar

Y-SNP ve Y-STR analizi, popülasyonların tarihi, göç yolları ve genetik farklılıklarının incelenmesinde kritik bir öneme sahiptir. Örneğin, bu

analizler aracılığıyla, belirli coğrafi bölgelerden gelen insanların soylarının izlenmesi mümkün olmaktadır. İnsanlar arasındaki genetik farklılıkların belirlenmesi, geçmişteki göç hareketlerini anlamak için önemli veriler sağlamaktadır (Liu ve ark., 2004).

Bu çalışmalarda, “Y Kromozomu Adem” teorisi öne çıkmaktadır. Bu teori, tüm erkeklerin yaklaşık 200.000 yıl önce yaşamış bir ortak ataya dayandığını öne sürer. Türkiye gibi bölgelere dayanan araştırmalarda, modern erkeklerin genetik köklerinin nereden geldiğine dair ilginç bulgular elde edilmiştir. Bu teorinin dayandığı genetik veriler, farklı popülasyonlar arasındaki gen akışını ve erkeklik belirleyici genlerin nasıl yayıldığını göstermektedir (Chibalina ve ark., 2011).

Y-DNA ve antropolojik çalışmalar, erkek soylarının kökenlerini ve tarihler boyunca nasıl evrildiğini anlamak için sağlam bir temel sunar. Özellikle eski insan toplulukları arasında bağlantılar ve genetik mirasın nasıl aktarıldığı üzerinde durulmaktadır. Y kromozomunun bu biçimde incelenmesi, insan evriminin ve tarihinin anlaşılmasına katkıda bulunan önemli bir bilimsel gelişmedir (Bachtrog, 2008).

Y-DNA analizlerinin sağladığı bilgiler, yalnızca geçmiş insan topluluklarının ortaya konmasına yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda günümüzde Y kromozomunun genetik yapısında meydana gelen değişikliklerin de izlenmesine olanak tanır. Örneğin günümüzde 200.000 yıl önceki ortak atanın belirlenmesi, erkek cinsiyetin evrimi konusunda daha geniş bir perspektife sahip olmamızı sağlar (Chibalina ve ark., 2011). Bu tür çalışmalarda elde edilen veriler, genetik genleşme ve farklılaşma süreçlerini aydınlatmakta, böylece insanlığın köklerine dair daha derin bir anlayış sunmaktadır.

Y kromozomu analizlerinin günümüzde adli tıp ve antropolojideki rolü

Y kromozomu, babadan oğula aktarılan kalıtım modeli ve sadece erkek bireylerde bulunması gibi benzersiz özellikleriyle, adli bilimler, popülasyon genetiği ve antropolojik araştırmalarda vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir (Jobling ve Tyler-Smith, 2017). Özellikle 2017 sonrasında kaydedilen teknolojik gelişmeler, Y kromozomu analizlerinin adli vakaların çözümündeki ve insan göçlerinin izlenmesindeki kullanımını önemli ölçüde artırmıştır (Kayser, 2017). Y -STR'ler, çoklu erkek DNA'sı içeren cinsel saldırı vakaları gibi karmaşık DNA karışımlarının bulunduğu

adli olaylarda kritik rol oynamaktadır (Goedbloed ve ark., 2009).

Geleneksel Y-STR analizlerinin yetersiz kaldığı durumlarda, Y-SNP analizleri alternatif bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Y-SNP'ler, düşük kaliteli DNA örneklerinin analizinde özellikle etkili olduğu kanıtlanmış olup, baba soyunu ve coğrafi kökenleri belirlemede büyük önem taşır. Araştırmalar, DNA örneklerinin bozulmuş veya düşük kaliteli olduğu durumlarda Y-SNP'lerin Y-STR'ler kıyasla daha güvenilir olduğunu göstermektedir. Örneğin, Valverde ve arkadaşlarının (2013) tanımladığı çoklu genotipleme yaklaşımı, yalnızca 16 Y-SNP'den oluşan minimal bir set kullanılarak geliştirilen yüksek bilgi içeren bir testin, bozulmuş DNA örneklerinden bile güvenilir sonuçlar üretebildiğini ve bu yöntemin farklı küresel popülasyonlarda sağlamlığını koruduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgu, Y-SNP'lerin hasarlı örneklerden bile başarılı bir şekilde soyağacı ve biyocoğrafi bilgisi çıkarılmasını sağladığını göstermektedir.

Bini ve ark. (2021), İtalyan mumyaları üzerinde yaptıkları Y kromozomu analizleriyle, antik dönemden günümüze kadar uzanan erkek soy hatlarının izini sürmeyi başarmıştır. Benzer şekilde, Valdiosera ve ark. (2018), Y kromozomu varyasyonlarını kullanarak Avrupa popülasyonlarının göç dinamiklerini aydınlatmıştır.

Mondal ve ark. (2017), Y kromozomu haplogrup dağılımlarını inceleyerek farklı etnik gruplar arasındaki genetik ilişkileri ortaya koymuştur. Ramezani ve ark. (2018) ise Orta Doğu popülasyonlarında Y kromozomu çeşitliliğini analiz ederek bölgenin demografik tarihine ışık tutmuştur.

Wang ve ark. (2023), Çin'deki modern ve antik popülasyonların Y kromozomu çeşitliliği meta-analiz edilerek, köken, genişleme ve karışma süreçleriyle ilişkili kurucu soy hatları belirtmiştir. Özellikle, Sino-Tibet, Altay ve Güney Çin'in çok dilli aileleri (Hmong-Mien, Tai-Kadai, Austronezya ve Avustro-Asyatik) ile bağlantılı dil temelli göç olaylarının bu soy hatlarıyla güçlü ilişkisi vurgulanmıştır. Ayrıca, adli ve antropolojik bilimlerdeki babasal coğrafi köken tahmini (PBGAI), soyadı araştırmaları ve paternal tarih rekonstrüksiyonu gibi translasyonel uygulamalardaki son gelişmeler özetlemiştir. Doğu Asyalıların genetik çeşitliliğinin kapsamlı şekilde anlaşılabilmesi için, etnolingüistik olarak çeşitli ve temsili yetersiz modern/antik popülasyonların çalışmalara dahil edilmesinin önemi ve Telomerden-Telomere (T2T) gibi yeni teknolojilerle genetik varyasyon keşfinin gerekliliği vurgulanmıştır.

Sapozhnikov ve ark. (2024), Y kromozomunda epigenetik saat uygulamalarını ve NLGN4Y, DDX3Y, TBL1Y genlerindeki yaşlanma etkilerini inceleyerek erkek sağlığındaki eşitsizlikleri ve tanısal potansiyeli araştırmaktadır.

Li ve ark. (2025), Jiangsu Han popülasyonunun paternal genetik yapısı 29 Y-STR ve 183 Y-SNP kullanılarak 374 bireyde incelenmiştir. Y29 sistemi en yüksek ayırt edici güce sahipken ($HD=DC=1$), Y-SNP analizlerinde baskın O haplogrubu (%85) ve 83 alt grup tespit edilmiştir. Genetik karışım analizleri, popülasyonun %89 Güney Han ve %11 Kuzey Han kökenli olduğunu göstermiştir. Jiangsu Han, genetik olarak Güney Han popülasyonlarıyla yakın ilişkili bulunmuştur.

Wang ve ark. (2025), filogenetik açıdan bilgilendirici mutasyonlar kullanılarak yüksek çözünürlüklü bir Y-kromozom sekanslama paneli geliştirilmiştir. Panel, adli soy arama ve paternal biyocoğrafik köken analizleri için tasarlanmış olup, Çin'in etnodilsel çeşitlilik gösteren popülasyonlarının paternal evrim tarihini detaylı şekilde incelemeyi amaçlamaktadır.

Ralf ve ark. (2025), Y kromozomal çeşitliliğin standartize edilmesi amacıyla geliştirilmiş olup 27 popülasyondan 6.600'ü aşkın bireyin verisini entegre ederek etkileşimli haplogrup haritalama, veri eksik bölgeler için frekans tahmini ve detaylı filogenetik ağaç görselleştirme işlevleri sunmaktadır. Mevcut veri kümesi ağırlıklı olarak Avrupa odaklı olmakla birlikte, yüksek çözünürlüklü küresel veri eklenebilir yapısıyla popülasyon genetiği, antropolojik çalışmalar ve adli bilimler alanlarında kullanıma uygun olup, insan göç modelleri ve genetik çeşitliliğin anlaşılmasına önemli katkı sağlamaktadır.

Sonuç

Y kromozomu, insan genomunun en küçük kromozomlarından biri olmasına rağmen cinsiyet belirlemede, erkek soyunun izlenmesinde ve adli bilimlerde büyük bir öneme sahiptir. SRY geni tarafından kontrol edilen erkek fenotipinin oluşumu ve Y kromozomunun rekombinasyona uğramayan (NRY) bölgesinin babadan oğula değişmeden aktarılması, bu kromozomu adli vakalarda, babalık testlerinde ve antropolojik çalışmalarda vazgeçilmez kılmaktadır.

Y kromozomu üzerindeki genetik işaretçiler (STR'ler, SNP'ler, indel'ler),

adli bilimlerde kimlik tespiti, cinsel saldırı vakalarında failin belirlenmesi ve tarihsel göçlerin izlenmesi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Özellikle SNP'ler, düşük mutasyon oranları ve degrade DNA örneklerinde bile analiz edilebilme avantajları nedeniyle adli genetikte giderek daha fazla tercih edilmektedir. Antropolojik çalışmalarda ise Y kromozomu haplogrupları, insanlığın göç yolları ve popülasyonlar arasındaki genetik ilişkilerin anlaşılmasına önemli katkılar sağlamaktadır.

Sonuç olarak, Y kromozomu analizleri hem adli tıp hem de antropolojik araştırmalar açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Teknolojik gelişmeler ve genetik belirteçlerin daha hassas yöntemlerle incelenmesi, bu alandaki çalışmaların gelecekte daha da ilerlemesine olanak tanıyacaktır. Y kromozomunun genetik çeşitlilik ve evrimsel süreçlerin anlaşılmasındaki rolü, insanlık tarihinin aydınlatılmasında önemli bir araç olmaya devam edecektir.

Kaynaklar

- [1] Akhatova, F., Gaifullina, R. F., & Khusnutdinova, E. (2013). Human Y chromosome as a genetic marker. *World Applied Sciences Journal*, 26(4), 454-460. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.26.04.13479>.
- [2] Ali, S., & Hasnain, S. E. (2002). Molecular dissection of the human Y-chromosome. *Gene*, 283(1-2), 1-10. [https://doi.org/10.1016/s0378-1119\(01\)00860-5](https://doi.org/10.1016/s0378-1119(01)00860-5).
- [3] Ali, S., & Hasnain, S. E. (2003). Genomics of the human Y-chromosome. 1. Association with male infertility. *Gene*, 321, 25-37. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2003.08.006>
- [4] Altun A., (1999). *Çukurova Yöresinde HUMVWA Lokusu Allel Frekans Dağılımı*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Adli Tıp Anabilim Dalı, Adana.
- [5] Bachtrog D. (2013). Y-chromosome evolution: emerging insights into processes of Y-chromosome degeneration. *Nature Reviews Genetics*, 14(2), 113-124. <https://doi.org/10.1038/nrg3366>.
- [6] Bell, P. A., Chaturvedi, S., Gelfand, C. A., Huang, C. Y., Kochersperger, M., Kopla, R., Modica, F., Pohl, M., Varde, S., Zhao, R., Zhao, X., Boyce-Jacino, M. T., & Yassen, A. (2002). SNPstream UHT: ultra-high throughput SNP genotyping for pharmacogenomics and drug discovery. *BioTechniques*, 32(Supp6), 70-77.

- [7] Berta, P., Hawkins, J. R., Sinclair, A. H., Taylor, A., Griffiths, B. L., Goodfellow, P. N., & Fellous, M. (1990). Genetic evidence equating SRY and the testis-determining factor. *Nature*, 348(6300), 448–450. <https://doi.org/10.1038/348448A0>.
- [8] Bini, C., Cilli, E., Sarno, S., Traversari, M., Fontani, F., Boattini, A., Pelotti, S., & Luiselli, D. (2021). Twenty-Seven Y-Chromosome Short Tandem Repeats Analysis of Italian Mummies of the 16th and 18th Centuries: An Interdisciplinary Research. *Frontiers in Genetics*, 12, 720640. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.720640>.
- [9] Brinkmann, B., Klintschar, M., Neuhuber, F., Hühne, J., Rolf, B. (1998). Mutation rate in human microsatellites: influence of the structure and length of the tandem repeat. *American Journal of Human Genetics*, 62(6), 1408–1415. <https://doi.org/10.1086/301869>.
- [10] Britten, R. J., & Kohne, D. E. (1968). Repeated sequences in DNA. Hundreds of thousands of copies of DNA sequences have been incorporated into the genomes of higher organisms. *Science*, 161(3841), 529–540. <https://doi.org/10.1126/science.161.3841.529>.
- [11] Brookes A. J. (1999). The essence of SNPs. *Gene*, 234(2), 177–186. [https://doi.org/10.1016/s0378-1119\(99\)00219-x](https://doi.org/10.1016/s0378-1119(99)00219-x).
- [12] Casanova, M., Leroy, P., Boucekkine, C., Weissenbach, J., Bishop, C., Fellous, M., Purrello, M., Fiori, G., Siniscalco, M. (1985). A human Y-linked DNA polymorphism and its potential for estimating genetic and evolutionary distance. *Science*, 230(4732), 1403–1406. <https://doi.org/10.1126/science.2999986>.
- [13] Chakraborty, R., Stivers, D. N., Su, B., Zhong, Y., & Budowle, B. (1999). The utility of short tandem repeat loci beyond human identification: implications for development of new DNA typing systems. *Electrophoresis*, 20(8), 1682–1696. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1522-2683\(19990101\)20:8<1682::AID-ELPS1682>3.0.CO;2-](https://doi.org/10.1002/(SICI)1522-2683(19990101)20:8<1682::AID-ELPS1682>3.0.CO;2-)
- [14] Cho, R. J., Mindrinos, M., Richards, D. R., Sapolsky, R. J., Anderson, M., Drenkard, E., Dewdney, J., Reuber, T. L., Stammers, M., Federspiel, N., Theologis, A., Yang, W. H., Hubbell, E., Au, M., Chung, E. Y., Lashkari, D., Lemieux, B., Dean, C., Lipshutz, R. J., Ausubel, F. M., ... Oefner, P. J. (1999). Genome-wide mapping with biallelic markers in *Arabidopsis thaliana*. *Nature genetics*, 23(2), 203–207. <https://doi.org/10.1038/10380>.

org/10.1038/13833

- [15] Crine, P., and Verly, W. G. (1976). A study of DNA spontaneous degradation. *Biochimica et Biophysica Acta*, 442(1), 50–57. [https://doi.org/10.1016/0005-2787\(76\)90174-x](https://doi.org/10.1016/0005-2787(76)90174-x)
- [16] Cui K. H. (1997). Size differences between human X and Y spermatozoa and prefertilization diagnosis. *Molecular Human Reproduction*, 3(1), 61–67. <https://doi.org/10.1093/molehr/3.1.61>.
- [17] Field, D., & Wills, C. (1996). Long, polymorphic microsatellites in simple organisms. Proceedings. *Biological Sciences*, 263(1367), 209–215. <https://doi.org/10.1098/rspb.1996.003324>.
- [18] Filiz, E., ve Koç, İ. (2011). Bitki Biyoteknolojisinde Moleküler Markörler. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 2011(2), 207-214.
- [19] Geigl, E. (2002). *On the circumstances surrounding the preservation and analysis of very old dna*. *Archaeometry*, 44(3), 337-342. <https://doi.org/10.1111/1475-4754.t01-1-00066>
- [20] Goedbloed, M., Vermeulen, M., Fang, R. N., Lembring, M., Wollstein, A., Ballantyne, K., Lao, O., Brauer, S., Krüger, C., Roewer, L., Lessig, R., Ploski, R., Dobosz, T., Henke, L., Henke, J., Furtado, M. R., & Kayser, M. (2009). Comprehensive mutation analysis of 17 Y-chromosomal short tandem repeat polymorphisms included in the AmpFISTR Yfiler PCR amplification kit. *International Journal of Legal Medicine*, 123(6), 471–482. <https://doi.org/10.1007/s00414-009-0342-y>.
- [21] Goodwin W., Linacre A., Hadi S. (2007). *An Introduction to Forensic Genetics*, pp:12-13, 51-61, 115-121 John Wiley & Sons Ltd.
- [22] Gusmão, L., Brion, M., González-Neira, A., Lareu, M., & Carracedo, A. (1999). Y chromosome specific polymorphisms in forensic analysis. *Legal Medicine*, 1(2), 55–60. [https://doi.org/10.1016/s1344-6223\(99\)80013-3](https://doi.org/10.1016/s1344-6223(99)80013-3).
- [23] Hammer M. F. (1994). A recent insertion of an alu element on the Y chromosome is a useful marker for human population studies. *Molecular Biology and Evolution*, 11(5), 749–761. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a040155>.

- [24] Heyer, E., Puymirat, J., Dieltjes, P., Bakker, E., & de Knijff, P. (1997). Estimating Y chromosome specific microsatellite mutation frequencies using deep rooting pedigrees. *Human Molecular Genetics*, 6(5), 799–803. <https://doi.org/10.1093/hmg/6.5.799>.
- [25] Hofreiter, M., Jaenicke, V., Serre, D., von Haeseler, A., & Pääbo, S. (2001). DNA sequences from multiple amplifications reveal artifacts induced by cytosine deamination in ancient DNA. *Nucleic Acids Research*, 29(23), 4793–4799. <https://doi.org/10.1093/nar/29.23.4793>.
- [26] Jacobs, P. A., and Strong, J. A. (1959). A case of human intersexuality having a possible XXY sex-determining mechanism. *Nature*, 183(4657), 302–303. <https://doi.org/10.1038/183302a0>.
- [27] Jobling, M. A., and Tyler-Smith, C. (2017). Human Y-chromosome variation in the genome-sequencing era. *Nature reviews. Genetics*, 18(8), 485–497. <https://doi.org/10.1038/nrg.2017.36>.
- [28] Kayser M. (2017). Forensic use of Y-chromosome DNA: a general overview. *Human Genetics*, 136(5), 621–635. <https://doi.org/10.1007/s00439-017-1776-9>.
- [29] Kayser, M., and Sajantila, A. (2001). Mutations at Y-STR loci: implications for paternity testing and forensic analysis. *Forensic Science International*, 118(2-3), 116–121. [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(00\)00480-1](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(00)00480-1).
- [30] Kayser, M., Roewer, L., Hedman, M., Henke, L., Henke, J., Brauer, S., Krüger, C., Krawczak, M., Nagy, M., Dobosz, T., Szibor, R., de Knijff, P., Stoneking, M., & Sajantila, A. (2000). Characteristics and frequency of germline mutations at microsatellite loci from the human Y chromosome, as revealed by direct observation in father/son pairs. *American Journal of Human Genetics*, 66(5), 1580–1588. <https://doi.org/10.1086/302905>.
- [31] Kloosterman, A. D., Budowle, B., & Daselaar, P. (1993). PCR-amplification and detection of the human D1S80 VNTR locus. Amplification conditions, population genetics and application in forensic analysis. *International Journal aLegal Medicine*, 105(5), 257–264. <https://doi.org/10.1007/BF01370382>.
- [32] Kondrashov, A. S., and Rogozin, I. B. (2004). Context of deletions and insertions in human coding sequences. *Human Mutation* 23(2), 177–185. <https://doi.org/10.1002/humu.10312>

- [33] Koopman, P., Gubbay, J., Vivian, N., Goodfellow, P., & Lovell-Badge, R. (1991). Male development of chromosomally female mice transgenic for Sry. *Nature*, 351(6322), 117–121. <https://doi.org/10.1038/351117a0>
- [34] Li, M., Zhang, H., Tao, R., Chen, A., Zhou, P., Yu, C., Bian Y., Zhang S., Fang C., & Li, C. (2025). Exploring y-chromosomal strs and snps for forensic and genetic insights in the jiangsu han population. *BMC Genomics*, 26(1). <https://doi.org/10.1186/s12864-025-11634-6>.
- [35] Li, Z., Haines, C. J., & Han, Y. (2008). "Micro-deletions" of the human Y chromosome and their relationship with male infertility. *Journal of Genetics and Genomics*, 35(4), 193–199. [https://doi.org/10.1016/S1673-8527\(08\)60027-2](https://doi.org/10.1016/S1673-8527(08)60027-2).
- [36] Lindahl T. (1993). Instability and decay of the primary structure of DNA. *Nature*, 362(6422), 709–715. <https://doi.org/10.1038/362709a0>.
- [37] Lindahl, T., and Andersson, A. (1972). Rate of chain breakage at apurinic sites in double-stranded deoxyribonucleic acid. *Biochemistry*, 11(19), 3618–3623. <https://doi.org/10.1021/bi00769a019>.
- [38] Liu, Z., Moore, P. H., Ma, H., Ackerman, C. M., Ragiba, M., Yu, Q., Pearl, H. M., Kim, M. S., Charlton, J. W., Stiles, J. I., Zee, F. T., Paterson, A. H., Ming, R. (2004). A primitive Y chromosome in papaya marks incipient sex chromosome evolution. *Nature*, 427(6972), 348–352. <https://doi.org/10.1038/nature02228>.
- [39] Mondal, M., Bergström, A., Xue, Y., Calafell, F., Laayouni, H., Casals, F., Majumder, P. P., Tyler-Smith, C., & Bertranpetit, J. (2017). Y-chromosomal sequences of diverse Indian populations and the ancestry of the Andamanese. *Human Genetics*, 136(5), 499–510. <https://doi.org/10.1007/s00439-017-1800-0>.
- [40] Nakahori, Y., Takenaka, O., & Nakagome, Y. (1991). A human X-Y homologous region encodes "amelogenin". *Genomics*, 9(2), 264–269. [https://doi.org/10.1016/0888-7543\(91\)90251-9](https://doi.org/10.1016/0888-7543(91)90251-9).
- [41] Nakamura, Y., Leppert, M., O'Connell, P., Wolff, R., Holm, T., Culver, M., Martin, C., Fujimoto, E., Hoff, M., & Kumlin, E. (1987). Variable number of tandem repeat (VNTR) markers for human gene mapping. *Science*, 235(4796), 1616–1622. <https://doi.org/10.1126/science.3029872>.
- [42] Navarro-Costa P. (2012). Sex, rebellion and decadence: the scandalous

- evolutionary history of the human Y chromosome. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1822(12), 1851–1863. <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2012.04.010>.
- [43] Oka, K., Asari, M., Omura, T., Yoshida, M., Maseda, C., Yajima, D., Matsubara, K., Shiono, H., Matsuda, M., Shimizu, K. (2014). Genotyping of 38 insertion/deletion polymorphisms for human identification using universal fluorescent PCR. *Molecular and Cellular Probes*, 28(1), 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.mcp.2013.09.002>
- [44] Painter, T. S. (1923). Studies in mammalian spermatogenesis *Journal of Experimental Zoology*, 37(3), 291-336. <https://doi.org/10.1002/jez.1400370303>.
- [45] Quintana-Murci, L., Krausz, C., & McElreavey, K. (2001). The human Y chromosome: function, evolution and disease. *Forensic Science International*, 118(2-3), 169–181. [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(01\)00387-5](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(01)00387-5).
- [46] Ralf, A., Zandstra, D., van Wersch, B., Köksal, Z., Larmuseau, M. H. D., Rosa, A., Jobling, M. A., D'Amato, M. E., Courts, C., Gysi, M., Haas, C., Flores, R., Neis, M., Wetton, J. H., Kiesler, K., Ameer, A., Azonbakin, S., Bôžiková, A., Choma, A., De Ungria, M. C., ... Kayser, M. (2025). UYSD: a novel data repository accessible via public website for worldwide population frequencies of Y-SNP haplogroups. *European Journal of Human Genetics*, 33(7), 904–912. <https://doi.org/10.1038/s41431-025-01854-5>.
- [47] Ramezani, M., Tavallai, M., Zargari, P., Bahmani, H., Habibi, S., Khafaei, M., Salehi, Z., Tabkhi, R., Chavoshi, S., Ghotbi, A., Ghotbi, F. and Mohammadi, A. (2018). Genetic Analysis and Genealogy of Ancient Bone Samples. *International Journal of Medical Reviews*, 5(3), 130-134. doi: 10.29252/IJMR-050306.
- [48] Sachidanandam, R., Weissman, D., Schmidt, S. C., Kakol, J. M., Stein, L. D., Marth, G., Sherry, S., Mullikin, J. C., Mortimore, B. J., Willey, D. L., Hunt, S. E., Cole, C. G., Coggill, P. C., Rice, C. M., Ning, Z., Rogers, J., Bentley, D. R., Kwok, P. Y., Mardis, E. R., Yeh, R. T., ... International SNP Map Working Group (2001). A map of human genome sequence variation containing 1.42 million single nucleotide polymorphisms. *Nature*, 409(6822), 928–933. <https://doi.org/10.1038/35057149>.

- [49] Sapozhnikov, M., Medina-Paz, F., Castagnola, M. J., & Zapico, S. C. (2024). The Who's, What's, and "Y"s: Y Sex Chromosome Loss and Methylation for Analysis in Male Aging and Mortality and Forensic Science Applications. *Forensic Sciences*, 4(4), 610-634. <https://doi.org/10.3390/forensicsci4040043>.
- [50] Seong, K. M., Park, J. H., Hyun, Y. S., Kang, P. W., Choi, D. H., Han, M. S., Park, K. W., & Chung, K. W. (2014). Population genetics of insertion-deletion polymorphisms in South Koreans using Investigator DIPplex kit. *Forensic Science International: Genetics*, 8(1), 80–83. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2013.06.013>.
- [51] Sia, E. A., Jinks-Robertson, S., & Petes, T. D. (1997). Genetic control of microsatellite stability. *Mutation Research*, 383(1), 61–70. [https://doi.org/10.1016/s0921-8777\(96\)00046-8](https://doi.org/10.1016/s0921-8777(96)00046-8).
- [52] Sinclair, A. H., Berta, P., Palmer, M. S., Hawkins, J. R., Griffiths, B. L., Smith, M. J., Foster, J. W., Frischauf, A. M., Lovell-Badge, R., & Goodfellow, P. N. (1990). A gene from the human sex-determining region encodes a protein with homology to a conserved DNA-binding motif. *Nature*, 346(6281), 240–244. <https://doi.org/10.1038/346240a0>.
- [53] Smigielski, E. M., Sirotkin, K., Ward, M., & Sherry, S. T. (2000). dbSNP: a database of single nucleotide polymorphisms. *Nucleic Acids Research*, 28(1), 352–355. <https://doi.org/10.1093/nar/28.1.352>.
- [54] Sönmezoğlu, Ö. A., Yıldırım, A., & Güleç, T. E. (2010). Tek Nükleotid Farklılıkları (Snp) ve Buğdayda Kullanımı. *Turkish Journal of Scientific Reviews*, (2), 55-66.
- [55] Tamaki, K., and Jeffreys, A. J. (2005). Human tandem repeat sequences in forensic DNA typing. *Legal Medicine*, 7(4), 244–250. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2005.02.002>.
- [56] Thangaraj, K., Reddy, A. G., & Singh, L. (2002). Is the amelogenin gene reliable for gender identification in forensic casework and prenatal diagnosis? *International Journal of Legal Medicine*, 116(2), 121–123. <https://doi.org/10.1007/s00414-001-0262-y>.
- [57] Tilford, C. A., Kuroda-Kawaguchi, T., Skaletsky, H., Rozen, S., Brown, L. G., Rosenberg, M., McPherson, J. D., Wylie, K., Sekhon, M., Kucaba, T. A., Waterston, R. H., & Page, D. C. (2001). A physical map of the human Y chromosome. *Nature*, 409(6822), 943–945. <https://doi.org/10.1038/35068>.

org/10.1038/35057170.

- [58] Valdiosera, C., Günther, T., Vera-Rodríguez, J. C., Ureña, I., Iriarte, E., Rodríguez-Varela, R., Simões, L. G., Martínez-Sánchez, R. M., Svensson, E. M., Malmström, H., Rodríguez, L., Bermúdez de Castro, J. M., Carbonell, E., Alday, A., Hernández Vera, J. A., Götherström, A., Carretero, J. M., Arsuaga, J. L., Smith, C. I., & Jakobsson, M. (2018). Four millennia of Iberian biomolecular prehistory illustrate the impact of prehistoric migrations at the far end of Eurasia *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115(13), 3428–3433. <https://doi.org/10.1073/pnas.1717762115>
- [59] Väli, U., Brandström, M., Johansson, M., & Ellegren, H. (2008). Insertion-deletion polymorphisms (indels) as genetic markers in natural populations. *BMC Genetics*, 9, 8 <https://doi.org/10.1186/1471-2156-9-8>.
- [60] Valverde, L., Köhnemann, S., Cardoso, S., Pfeiffer, H., & Pancorbo, M. (2013). Improving the analysis of y-snp haplogroups by a single highly informative 16 snp multiplex pcr-minisequencing assay. *Electrophoresis*, 34(4), 605-612. <https://doi.org/10.1002/elps.201200433>.
- [61] Wang, M., Duan, S., Sun, Q., Liu, K., Liu, Y., Wang, Z., Li, X., Wei, L., Liu, Y., Nie, S., Zhou, K., 10K_CPGDP consortium, Ma, Y., Yuan, H., Liu, B., Hu, L., Liu, C., & He, G. (2025). YHSeqY3000 panel captures all founding lineages in the Chinese paternal genomic diversity database. *BMC Biology*, 23(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s12915-025-02122-0>.
- [62] Wang, Z., Wang, M., Hu, L., He, G., Nie, S. (2024). Evolutionary profiles and complex admixture landscape in east asia: new insights from modern and ancient y chromosome variation perspectives. *Heliyon*, 10(9), e30067. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30067>.
- [63] Weber, J. L., and May, P. E. (1989). Abundant class of human DNA polymorphisms which can be typed using the polymerase chain reaction. *American Journal of Human Genetics*, 44(3), 388–396.
- [64] Weber, J. L., and Wong, C. (1993). Mutation of human short tandem repeats. *Human Molecular Genetics*, 2(8), 1123–1128. <https://doi.org/10.1093/hmg/2.8.1123>

Yazar Kılavuzu

Aşağıda belirtilen yayın ilkeleri ve yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış yazılar, “makale sunum formu” ile birlikte e-posta yoluyla aşağıdaki adreslere gönderilebilir.

Çevirisi yapılmış makalelerin değerlendirmeye alınabilmesi için özgün metinlerin ve makale sahibinden (asıl yazar veya hak sahibi yayınevi) izin yazılarının da gönderilmesi zorunludur.

Ön inceleme ve hakem değerlendirmesi doğrultusunda geliştirilmek ve/veya düzeltilmek üzere yazarlarına geri gönderilen yazılar, gerekli düzeltmeler yapılarak en geç, bir ay içinde tekrar dergiye ulaştırılır.

Yapılan ön incelemede yazım kurallarına uyulmadığı tespit edilen makaleler düzeltilmesi için yazarına iade edilir ve yayım programına alınmaz.

Yayın İlkeleri

1. Dergide yayımlanan makaleler yazı işlerinin izni olmaksızın başka hiçbir yerde yayımlanamaz veya bildiri olarak sunulamaz. Kısmen veya tamamen yayımlanan makaleler kaynak gösterilmeden hiçbir yerde kullanılamaz. Dergiye gönderilen makalelerin içerikleri özgün, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmamış veya yayımlanmak üzere gönderilmemiş olmalıdır. Makaledeki yazarlar isim sırası konusunda fikir birliğine sahip olmalıdır.
2. ABMYO Dergisi’ne gönderilen yazılar, referans sistemi, dipnot gösterme biçimi ve kaynakça düzenlenmesinde American Psychological Association (APA) stilinde hazırlanmalıdır. APA’nın 6. baskısı, yazarların dikkate alacağı versiyonu olmalıdır. Bununla birlikte kaynakça düzenlenirken Türkçe’ye uyarlanmış ve APA’nın istisnası olan hususlar da bulunmaktadır. Türkçede gün ve ay içeren tarihler önce gün, sonra ay şeklinde (örneğin 12 Şubat) yazılmalıdır.
3. ABMYO Dergisi’nde yayımlanan makaleler yayın tarihinden itibaren

derginin bir sonraki sayısına kadar tartışmaya açık olacaktır. Makaleler için yapılan eleştiriler dergide yayınlanacaktır.

4. Makaleler en fazla 12 sayfa olmalıdır. Makaleler en az Word 6.0/95 formatında diskette veya CD’de teslim edilmeli ya da ABMYO Dergisi elektronik posta adresine gönderilmelidir. Orijinal olarak hazırlanmış makaleler % 20 oranında küçültülerek basılacaktır, bu nedenle şekil ve tablolar bu durum göz önünde bulundurularak hazırlanmalıdır. ABMYO Dergisi siyah beyaz basıldığından gönderilen makaledeki resim, fotoğraf, şekil ya da grafikler renkli olmamalıdır.
5. Dergide yayımlanmak üzere gönderilen yazıların, daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış olması veya bir başka yayın organında değerlendirme aşamasında bulunmaması gerekmektedir.
6. Herhangi bir sempozyum, kongre, konferans vb. bilimsel etkinliklerde sunulmuş veya sunulacak olan bildiri metinleri, yayımlanmamış olması koşulu ile hakem değerlendirmesine gönderilir.
7. Dergi Yayın Kurulu, makaleleri,  hakem gönderir. Makaleler, en az iki hakemin olumlu görüşüyle yayımlanır.
8. Yayımlanması için düzeltilmesine karar verilen yazıların, yazarları tarafından en geç (posta süresi de dahil olmak üzere) 30 gün içerisinde, yeniden Yayın Kuruluna gönderilmesi gerekir. Belirlenen sürede gönderilen makaleler bir sonraki dönemde yayımlanmak üzere sıraya konulur. Metin, değişiklikleri isteyen hakemler tarafından yeniden incelenebilir.
9. Hakem onayı alan makaleler, raporların tamamlanma tarihlerine göre sıraya konularak yayımlanır.
10. Dergiye gönderilecek yazılar, iki kopya alınarak hazırlanmalıdır. Bunlardan bir kopya posta yolu ile gönderilmeli; bir kopya ise; elektronik posta aracılığıyla iletilmelidir. Elektronik posta olarak gönderilen nüshada, yazar/yazarların adı soyadı, makalelerin tam adı, bağlı bulundukları kurum ve ünvanları, iş-cep telefonları ve elektronik posta adreslerini içeren bir kapak sayfası bulunmalıdır. Kapak sayfası, posta yolu ile gönderilecek kopyaya da eklenmelidir.

11. Yazarlar, yayınlarını İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisine göndermekle, telif haklarını İstanbul Aydın Üniversitesine devretmiş sayılırlar.
12. Dergide yazısı yayımlanan yazarlara, iki adet dergi ücretsiz olarak gönderilir. Ayrıca telif hakkı ödenmez.
13. Ulusal ve uluslararası düzeyde akademik bilgi paylaşımının sağlanması amacıyla İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi'nde yayımlanmak üzere Hakem Kurulundan geçen yazılar Üniversitenin internet sitesine bağlı olarak da yayımlanabilir.
14. Dergiye gönderilen yazılar, yayımlanmasa dahi iade edilmez.

Yazım Kuralları

I. Makale Türleri

Dergiye gönderilen makaleler aşağıdaki özellikleri taşıyan çalışmalar olmalıdır:

- Özgün araştırmalarla ilgili çalışmalar,
- Uygulama örneklerini bilimsel bir yaklaşımla anlatan çalışmalar,
- Belirli bir konuda, önemli gelişmeleri değerlendirip eksiklikleri ortaya koyan derleme çalışmaları,
- Tez çalışmasından elde edilen sonuçların bilimsel tutarlılığı olan bir bölümünden ya da tümünden yararlanılarak hazırlanmış, doktora öğrencisinin ve tez danışmanının ortak yazar olarak yer aldığı bilimsel makaleler.

II. Sayfa Düzeni

Sayfa boyutu A4 kâğıt boyutunda olmalı, sayfa yapısında sağdan ve soldan 2 cm; üstten 2.5 cm; alttan da 3 cm boşluk bırakılmış olmalıdır. Metin, sağ ve sola dayalı (justify), özet ve abstract tek aralık olarak, ana metin 1,5 aralıkla yazılmalı, paragraflar arasında bir satır boşluk bırakılmalıdır. Başlık, şekil adı, tablo adı gibi formatı belirtilmiş yazılar dışında kalan metin Times New Roman yazı karakterinde 12 punto ile yazılmalıdır.

III. Makale Başlığı

Makale başlığı metnin içeriğini yansıtmalı, 70 harfi geçmemeli ve gereksiz

uzatmalardan kaçınılmalı; Times New Roman yazı karakterinde 20 punto ile yazılmalı ve sadece başlığın ilk harfi büyük olmalıdır. Başlık sayfanın üst sınırından 6 cm boşluk bırakıldıktan sonra yazılmalıdır.

IV. Yazar Adı

Yazar adı sayfanın üst sınırından 10 cm aşağıda olmalıdır. Yazar adının ilk harfi ve soyadı büyük harf olmak üzere Times New Roman, 12 punto, sağa yaslanmış şekilde ve **koyu** olarak yazılmalıdır. Yazar adı birden çok olması durumunda, isimlerin her birine üslû sayı şeklinde bir numara verilerek kurumları dipnotta belirtilecektir. Yazışmalara yapılacağı yazarın isminin yanına asteriks (*) işareti koyulacak ve kurumu, telefon numarası, elektronik posta adresi, yayının 1. Sayfasının altında dip not (footer) olarak alttan 2 cm yukarıda, bir çizgi çekilerek, 10 punto, Times New Roman ve italik formatıyla yazılmalıdır.

V. Kısaltmalar, ilgili bilim alanının standart kısaltmaları olmalı ve metin içinde ilk geçtiği yerde tanımlanmalıdır.

VI. Türkçe Öz

Öz; yazıya konu olan çalışmanın amaçlarını, kullanılan yöntemleri, ulaşılan sonuçları, değerlendirmeleri içermeli ve 200-250 kelime arasında olmalıdır. Bu haliyle özet, yapılan çalışma hakkında fikir verebilmelidir. Öz, Times New Roman yazı karakteri ile 12 punto, italik olarak sayfanın üst sınırından 13cm boşluk bırakıldıktan sonra yazılmalı ve satırlar arasında tek aralık bırakılmalıdır. Öz kelimesi **koyu** olmalıdır. Öz kelimesi ile metin arasında bir satır boşluk bırakılmalıdır.

VII. Anahtar Kelimeler

Öz ve Abstract kısımlarından sonra, makalenin konu sınıflandırmasının yapılabilmesi için en az 3, en çok 6 adet anahtar kelime verilmelidir. Anahtar kelimeler önemlerine göre sıralanmış, Times New Roman yazı karakteri ile Türkçe anahtar kelimeler 12 punto, İngilizce keywords 11 punto ve italik yazılmalıdır. Sadece “anahtar kelimeler” ve “keywords” kelimeleri **koyu** ve *italik* olarak yazılmalıdır. Türkçe öz ile anahtar kelimeler arasında ve abstract ile keywords arasında bir satır boşluk bırakılmalıdır. Özel isimler hariç anahtar kelimeler küçük harfle yazılacaktır.

VIII. Makalenin İngilizce Başlığı

Makalenin İngilizce başlığı sadece ilk harfi büyük olmak üzere Times New Roman yazı karakterinde 16 punto ile koyu olarak ve sola yanaşık yazılmalıdır.

IX. İngilizce Özet (Abstract)

İngilizce özet, yazıya konu olan çalışmanın amaçlarını, yazıda kullanılan yöntemleri, ulaşılan sonuçları ve değerlendirmeleri içeren, Türkçe özetle olduğu gibi bilgi vermek üzere, 200-250 kelime arasında olacak şekilde hazırlanmalıdır. Abstract, Times New Roman yazı karakteri ile 11 punto, italik ve satırlar arasında tek aralık olacak şekilde yazılmalı, sadece “abstract” kelimesi 12 punto ve **koyu** olmalıdır.

X. Başlıklar

- Ana Başlık

Giriş bölümü yazıyı doğrudan ilgilendiren, uzun tarihçeler içermeyen bir bölüm olmalıdır. Tüm ana başlıklar sola dayalı olarak Times New Roman formatında 14 punto, **koyu** ve başlığın sadece ilk kelimesinin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Hiçbir başlığın önüne numara veya herhangi bir işaret konulmamalıdır. Ana başlıklardan önce boşluk bırakılmamalı, ana başlıktan sonra boşluk bırakılmadan makale metni başlamalı, metin yazı karakteri Times New Roman ve 12 punto olmalıdır.

-Ara Başlık

Ana başlıktan sonra herhangi bir metin yazılmadan ara başlık yazılması gerektiğinde arada boşluk bırakılmayacaktır. Ara başlıklar sola dayalı olarak Times New Roman formatında, 12 punto, **koyu** yazılmalı ve başlığın sadece ilk kelimesinin ilk harfi büyük olmalıdır. Ara başlıktan sonra boşluk bırakılmadan makale metni başlamalıdır. Herhangi bir metin yazıldıktan sonra konulacak ara başlıklardan önce bir boşluk bırakılmalıdır.

-Alt Başlık

Alt başlıklar paragrafın başında ve metinden bir çizgi (-) işareti ile ayrılarak yazılmalı ve hemen yanından metin devam etmelidir. Alt başlık Times New Roman yazı tipinde italik, 12 punto ve sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük olarak yazılmalıdır.

XI. Şekiller

Metin içinde yer alan şekiller metin sınırlarını aşmayacak şekilde ortalananarak konulmalıdır. Şekiller mutlaka net ve okunaklı olmalıdır. Baskı sırasında yayın %20 oranında küçültüleceği için şekil büyüklükleri bu durum göz önünde bulundurularak belirlenmelidir. Şekiller ya bir çizim programı ile çizilmiş olmalı ya da taranmış ise en az 300dpi çözünürlükte taranmış olmalıdır. Şekil olarak gösterilen grafik, resim ve metin kutularında yer alan yazı ve sayıların büyüklüğü makale içinde Times New Roman karakteri ile yazılmış 9 punto boyutundaki bir yazının büyüklüğünden az olmamalıdır. Şekil numaraları ve adları şeklin altında ortalananarak, tek aralıklı ve Times New Roman 12 punto ile *italik* yazılmalı ve sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük olmalıdır. Şekilden önce, şekil adından önce ve sonra da birer satır boşluk bırakılmalıdır. Şekiller metin içine yerleştirilirken mutlaka şekilden önce atıfta bulunulmalıdır.

XII. Resim ve Fotoğraflar

Resim ve fotoğraflar taranmış ise en az 300 dpi çözünürlükte taranmış olmalı, metin içinde mutlaka atıfta bulunulmalı, şekillerle beraber numaralandırılmalıdır.

XIII. Tablolar ve Denklemler

Metin içerisinde yer alan tablolar metin sınırlarını aşmayacak şekilde ortalananarak konulmalıdır. Tablo numaraları ve adları, tablonun üstünde tek aralık ve Times New Roman 12 punto ile sadece ilk kelimenin ilk harf büyük olacak şekilde ortalananarak ve *italik* yazılmalıdır. Tablo adı yazılırken üstte ve altta birer satır, tablodan sonra ise bir satır boşluk bırakılmalıdır. Tablolara tablodan önce mutlaka metin içerisinde atıfta bulunulmalıdır.

Tablo satır ve sütunlarındaki rakam ve yazılar Times New Roman 12 punto yazılmalıdır. Ancak zorunlu kalman durumlarda yazı boyutu yazı sınırlarını geçmeyecek şekilde en az 9 puntoya kadar düşürülebilir. Tablodaki parametre ve isimlerin yer aldığı ilk satırın hem altı hem de üstü 1.5 punto kalınlıkta birer çizgi ile kapatılmalıdır. Daha sonraki satırlarda herhangi bir yatay ve dikey çizgi kullanılmadan son satırın altına bir çizgi daha ilave edilerek tablo sınırlandırılmalıdır.

Metin içerisine yazılacak denklemler, Microsoft Word yazım programındaki Equation Editör ile sola dayalı olarak yazılmalı ve eşitliklere sağa dayalı

olarak parantez içerisinde numara verilmelidir.

XIV. Semboller

Makale çok sayıda sembol içeriyor ya da makaledeki sembollerin açıklanması gerekiyorsa uluslararası standarda uygun olarak, semboller, kaynaklardan önce, Times New Roman 11 punto ile italik yazılmalıdır. Makalede ondalık gösteriminde nokta kullanılmalı, binlikleri ayırırken virgül veya nokta kullanılmamalı gerekiyorsa tek boşluk kullanılmalıdır.

XV. Kaynaklar

Dergideki referans sistemi, American Psychologists Association (APA) versiyon 6' dır. APA sistemine göre yazılmış bir eserin sonunda muhakkak ki bir kaynakça bölümü olmalıdır. Sayfanın başına Kaynaklar (başlık 14 punto, küçük harfle, sadece ilk harf büyük olmalı) diye yazılmalıdır. Metin içinde gönderme yapılmış/anılmış her eser kaynakçada belirtilmelidir.

Makale metninin sonunda bulunan kaynaklar bölümü yazar soyadına göre A'dan Z'ye doğru, alfabetik bir şekilde sıralanmalı ve Kaynaklar içeriği Times New Roman 11 punto ile yazılmalı, sadece dergi, kitap ya da sempozyum adları italik olmalıdır.

Kaynaklarda, varsa cilt numarası koyu renkte, sayı numarası normal karakter ile yazılmalıdır. Kaynaklar kısmında yer alan ulusal-uluslararası makalelerin yer aldığı dergi adları kısaltılmış halleriyle değil, açık olarak yazılmalıdır.

» **Örnek:** Dergi adı Wat. Res. şeklinde değil, Water Resources şeklinde yazılmalıdır.

Yazı içinde atıfta bulunulan kaynaklar; ya ...Smith (1980)... şeklinde cümlelerin içinde, ya ...(Smitb, 1980; Adams, 1981) ya da (Smith vd., 1980) şeklinde cümlelerin sonunda yazar soyadı ve yayın yılı belirtilerek verilmelidir. İki yazarlı kaynaklarda iki yazarın da soyadı yazılmalı (Snell ve Ettre, 1971), ikiden fazla yazarlı kaynaklar parantez içinde gösterilecek ise vd. kısaltması kullanılmalı (Li vd., 1998), parantez dışında Li ve diğerleri (1998) kullanılmalıdır.

-Metin içinde kitap, dergi ve film, TV programı adları italik yazılır. Örneğin, Siyaset Meydanı Programı'nda (...).

-Ayrıca yeni veya teknik bir terim metin içinde ilk geçtiği anda italik

yazılabilir, sonrasında italik yazılmaz. Örneğin, 1990’lardan sonra alımlama çalışmaları Türkiye’de de artış göstermiştir.

-İngilizcede yaygın olan ifadeler ve kısaltmaları italik yazılmaz. Metinde bir ifadeyi daha çok vurgulamak amacıyla italik yazılmaz.

-Organizasyon kısaltmaları: İlk alıntıda adı açıkça yazılmalıdır; eğer okuyucu kısaltmayı yakından biliyorsa sonrakilerde kısaltma kullanılmalıdır.

» **Örnek:** İlk Alıntı: National Institute of Mental Health (NIMH),
Sonrakiler: (NIMH, 2015)

40 ya da daha fazla alıntı sözcük varsa, içeriden, tek veya sık satır aralığı vererek, ana metinden daha küçük bir puntoyla (10 veya 11 punto), italik olmadan, tırnaksız yazılır. Sonunda paragraf içinde sayfa numarası yazılır.

Dönüşüm Krishnamurti’ye göre (1998),

(...) zamanın bir sonucu değildir. Dönüşüm sessiz, sakin, pasif bir zihnin sonucudur. Zihin bir sonuca odaklandığında, artık pasif değildir. İnsan dönmek istedikçe, değişmek istedikçe, olanı değiştirmek istedikçe, bir sonuca odaklanacaktır, bir sonucu arayacaktır. Zihin basit bir şekilde olanı anlamağa niyet etmek zorundadır. O zaman sakinleşebilir. Bu sakinlik içinde, insan olanı anlayabilir. Dolayısıyla bir dönüşüm olabilir (s.83).

E-maile, telefonla, yüz yüze ya da başka biçimlerde yapılan kişisel görüşmelere dayalı bilgiler, metin içinde gösterilir, ancak kaynakçaya yazılmazlar. Örneğin:

Profesör Mark Post, “et üretimindeki temel sorunun verimsizlik olduğunu ve et üretimini bir tarım sürecinden fabrika sürecine dönüştürmek gerektiğini “ söyledi. (Mark Post kişisel görüşme, 24 Aralık 2011).

- Kanunların metin içinde ilk defa gösterimi:

Türkiye Cumhuriyeti Anayasası’na dayanılarak halkın mahalli müşterek ihtiyaçlarını karşılamak üzere belediyeler kurulmuştur (Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, 1982:Madde 127).

Belli koşulları sağlayan ve nüfus yoğunluğu fazla olan belediyelerde hizmetin daha etkin ve verimli şekilde verilebilmesi amacıyla Yapı Kontrol

Müdürlükleri kurulmuştur (Belediye Kanunu [BK], 2005:Madde 48).

- Kanun metinde ikinci defa geçtiğinde:

Belediyeler 5393 sayılı yasanın kendilerine vermiş oldukları yetki çerçevesinde yapacakları işlerle ilgili olarak yönetmelikler çıkarırlar ([BK], 2005:Madde 48).

Kaynak gösterimleri aşağıdaki örnekler gibi yapılmalıdır.

Ulusal - Uluslararası Makaleler

- » Ishidate, M., Sofuni, T., Yoshikawa, K., Hayashi, M., Nohmi, T., Sawada, M., Matsuoka, A., (1984). Primary mutagenicity screening of food additives currently used in Japan. *Food and Chemical Toxicology*, 22(8), 623-636.
- » Pandey, A. K., Kumar, P., Singh, P., Tripathi, N. N., Bajpai, V. K., (2017). Essential oils: Sources of antimicrobials and food preservatives. *Microbiology*, 7: 2161. doi: 10.3389/fmicb.
- » Gezgin, S., (2009). Medyanın sorumluluğu (Türk Alman ilişkileri Örneğinde). İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. 1: 44-54.

Ulusal - Uluslararası Bildiriler

- » Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., (1998). *Magnetic fields*, Proceedings, 5tJl Conference, Electronics, 117-143, Sydney, A.

Ulusal - Uluslararası Kitap

- » Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., (1998). *Magnetic fields*, 295, Mc. Graw Press, London.

Kitap İçinde Bölüm

- » Sensoy, T., (1998). *Magnetic fields*, in Reinhardt, M, eds, Physics, Mc. Graw HM Press, 2-5, Oxford, UK.

Çeviri Kitap

- » Ong, W.J (1995). *Sözlü ve Yazılı Kültür*. Sema Postacıoğlu (Çev.). 136, Metis Yayınevi. İstanbul

Editörlü Kitap

» Çebi, M.(Ed).(2003). *Medya Etki Araştırmaları* 142, Alternatif Yayınevi. Ankara.

Editörlü Kitapta Bölüm

» Keeplinger. H,M(2003). *Etki Kavramının Sınırları*. Murat Çebi (Ed.), Medya Etki Araştırmaları 142, Alternatif Yayınevi. Ankara.

Dergiden Makale

» Gezgın, S. (2009). Medyanın Sorumluluğu (Türk Alman ilişkileri Örneğinde). İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1, 44-54

Basılmamış Tezler, Bildiriler

» Arvas, İ.S (2010). *Cumhuriyet Döneminde Basında Etik Bağlamda Ortaya Konulan Uygulamalar ve Bir Meslek Örgütü: Basın Konseyi*. (Yayınlanmamış doktora tezi.) İstanbul Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Kanun ve Yönetmelikler

» *Türkiye Cumhuriyeti Anayasası* (1982), Kanun No:2709, Resmi Gazete: 09.11.1982/17863.

» *Yapı Denetimi Hakkında Kanun* (2001), Kanun No:4708, Resmi Gazete: 13.07.2001/24461.

» *Yapı Denetimi Uygulama Yönetmeliği* (2008), Kanun No:4708, Resmi Gazete: 05.02.2008/26778.

İnternette Makale

» Koloğlu, O. (1999). *Medya, Devlet ve Sermaye*.

<http://dorduncukuvvetmedya.com>

Basılmış Bilimsel Rapor

» Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., eds. (1998). Magnetic fields, J., Technical Report, ICTP TRIL Programme, 12, Trieste.

Mesleki Teknik Rapor

» Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., eds. (1998). *Manyetik Alan Teorisi*,

Teknik Rapor 5, CEV Vakfı, İstanbul.

Doktora, Y. Lisans Tezi

» Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., (1998). *Manyetik Alan Teorisi*, Doktora tezi, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Standartlar

» TS920, (1990). *Binalarda rüzgar yükü kuralları, Türk Standartları*, Ankara. ix) Güncel Yazı,

» Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., (1998). *Manyetik Alan Teorisi*, Bilim ve Teknik, 63, 7, 3-5

Web Adresleri

Kaynakların A'dan Z'ye sıralanması bittikten sonra 1 punto kalınlıkta bir çizgi çekilerek, çizginin altından itibaren, internet kaynakları, siteden yararlanılan tarihle beraber yazılmalıdır.

» Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., (1998). *Manyetik Alan Teorisi*, <http://www.server.com/final/paper1.html>, (21.12.2005)

Broşür (Tarihsiz ve yazarsız):

» *Inside these doors: A guidebook of Elfreth's Alley homes* [Brochure]. (t.y.).Philadelphia: Elfreth's Alley Association.

Film

» Yönetmenin Soyadı, Yönetmenin Adının Baş Harfleri. (Yönetmen). (Yıl). *Filmin adı italik şekilde*. Prodüksiyon şehri: Prodüksiyon şirketi ismi.

» Huston, J. (Yönetmen/Senaryo Yazarı). (1941). *Malta Şahini* [Film]. U.S.: Warner.

» Metin içindeyse: (*Malta Şahini*, 1941) şeklinde gösterilir.

Fotoğraf

» Adams, Ansel. (1927). Monolith, the face of Half Dome, Yosemite National Park [Fotoğraf]. Art Institute, Chicago.

Metin içindeyse: (Adams, 1927) şeklinde gösterilir.

Görüşme

» Arroyo, Gloria Macapagal. (2003). A time for Prayer. Michael Schuman ile söyleşi. *Time*. 28 Temmuz 2003. Erişim Tarihi 13 Ocak 2004, <http://www.times.com/time/nation/article/0,8599,471205,00.html>

Rapor ve teknik makaleler

» Gencel Bek, M. (1998). Mediscape Turkey 2000 (Report No. 2). Ankara: BAYAUM.

Televizyon programı

» Long, T. (Yazar), ve Moore, S. D. (Yönetmen). (2002). Bart vs. Lisa vs. 3. Sınıf [Televizyon Dizisi]. B. Oakley ve J. Weinstein (Yapımcı), *Simpsonlar* içinde. Bölüm: 1403 F55079. Fox.

Metin içindeyse: (Simpsonlar, 2002) şeklinde gösterilir.

İletişim Bilgileri:

Anadolu Bil Meslek Yüksek Okulu Dergisi
Yayın Koordinatörlüğü

İstanbul Aydın Üniversitesi

Beşyol Mahallesi, İnönü Caddesi, Nu: 38
Sefaköy, Küçükçekmece/İstanbul

Tel: 0535 354 64 73

Web Sayfası: <http://abmyod.aydin.edu.tr/>

E-posta: candanvarlik@aydin.edu.tr

Author's Guide

Author's may send their articles which are prepared in accordance with the below stated publishing and editorial principles, together with the "article presentation form" via e-mail to the provided addresses.

Providing the permissions of the authors (the main author or the rightful publishing house) is obligatory for the translated texts and articles as well.

The articles which are sent to their authors for further improvement and/or proofreading following the preliminary reviews and referee evaluations, must be edited accordingly and delivered back to the journal in one month at the latest.

On the other hand, the articles which are found to be conflicting with this guideline, will be returned to their authors for further proofreading and will not be issued.

Publishing Principles

1. The articles to be published in the journal cannot be published or presented elsewhere without the permission of the Editorial Board. The articles that are published, partially or as a whole, cannot be used elsewhere without citation. The journal only accepts original manuscripts which are not published, being reviewed for publication or accepted to be published previously. The authors of the related articles must build a consensus upon the name order.
2. The articles delivered to the journal are expected to be arranged according to American Psychological Association (APA) style regarding the references, footnotes and bibliography. The authors must consult the 6th edition of APA.
3. The articles that are published in the journal will be open for discussion from the date of publication till the next issue of the journal. The criticisms made for the articles will be published in the journal as well. The articles must not exceed 12 pages and they must be handed

as a disc or delivered via e-mail to the given addresses. The originally prepared manuscripts will be scaled down by 20 % while printing, thus the sizes of the figures and tables must be arranged accordingly. Also, the journal is printed black and white, therefore the photographs, images, figures or graphics within the text must not be colored.

4. The journal only accepts manuscripts which are not published, being reviewed for publication or accepted to be published previously.
5. The papers that are presented or to be presented in a scientific gathering such as symposium, congress or conference can be accepted for referee evaluation provided that they are not published.
6. The Editorial Board of the Journal delivers the article to three different referees. The articles are published at least with two positive referee reviews.
7. The manuscripts that are expected to be revised must be completed and resent to the Editorial Board within 30 days (including the posting time). Manuscripts that are sent within the specified period will be queued to be published in the next issue. Manuscript revision may also be evaluated by the referees who demanded the changes.
8. The approved articles are published one after another regarding the completion dates of their referee reports.
9. The manuscripts to be sent to the journal must be prepared as two copies. One of the two copies must be posted as a hard copy and the other must be delivered via e-mail. Both of the delivered copies (digital and hardcopy) must include a cover page which contains the names and the surnames of the author(s), the full title of their articles, their titles and the workplaces, work and mobile phones as well as e-mails.
10. The copyrights of the manuscripts which are accepted to be published following the evaluation process, are considered as transferred to Istanbul Aydin University.
11. Following the publication of the article, two copies of the related issue of

the journal is delivered to the author. No royalty is paid to the authors.

12. The manuscripts which pass Referee Board and to be published with the purpose of sharing knowledge on a national and international basis, may be published depending on the website of the university.
13. The manuscripts sent to the journal are not be returned even if not to be published.

Editorial Principles

I. Types of Articles

The articles to be published in the journal are expected to be as follows;

- » Works related to original studies,
- » Works which explain application examples in a scientific way,
- » Works of collection presenting the deficiencies and evaluating the developments on a specific subject,
- » Scientific articles that are prepared using the results obtained from a thesis, where there is a scientific consistency partially or as a whole and in which the doctorate student and the advisor have worked together as collective authors.

II. Page Layout

A4 page size with 2 cm margins on left and right; 2.5 cm on up and 3 cm on the bottom of the page. The text must be justified and written with 1,5 space whereas the Turkish and English abstracts must be written with single space leaving an empty line between the paragraphs. The text, excluding the title, name of the figure or table for which the format is specified, must be written using Times New Roman font type in 12-point size in general.

III. Article Titles

The title of the article must reflect its content, must not exceed 70 characters. Authors must avoid redundancy; the title must be typed using Times New Roman font type in 20-point size with only the initial letter of the title

capitalized. The title must be 6 cm below the upper page limit.

» **The English Title of the Article**

12-point size, **bold**, Times New Roman font type with only the initial letter of the first word capitalized.

IV. Author's name(s) and Address(es)

10 cm below the upper page limit, only the initials of the name and surname capitalized, Times New Roman in 12-point size, aligned to right and **bold**. In case there are more than one author name to be mentioned, each author's institution must be indicated as a footnote. The author responsible for correspondence must be indicated with an asterisk (*) and his/ her contact information such as institution, phone number and e-mail address must be given on the first page of the article as a footnote with 2 cm above the bottom page limit using 10-point size Times New Roman font type.

V. Scientifically standardized abbreviations should be preferred and explained where it is first mentioned.

VI. Abstract

The abstract must contain the purpose(s), methods, results and evaluations regarding the subject of the work and consist between 200-250 words. In this respect, the abstract must be able to give an idea about the work to the reader. Starting from 13 cm below the upper page limit, the abstract must be typed with single space using 12-point size Times New Roman font type in italics. The title of the abstract (Abstract) must be typed in bold leaving an empty line before the text.

VII. Keywords

Following the abstract part, at least 3 and at most 6 keywords must be given in order for the article subject to be classified. The keywords must be prioritized with 12-point size Times New Roman font type for Turkish and 11-point size and italics for English with only the "**Keywords**" typed in **bold**. There must be a blank space between the abstract and the keywords. Keywords must be typed in lower-case letters unless indicating a proper name.

VIII. Titles

» ***English Title of the Article***

Only the initial letter capitalized; Times New Roman, 16-point size, bold and aligned to the left.

» ***Main Title***

The introduction section must be directly related to the text itself without long background information. All main titles must be aligned to the left using 14-point size, bold, Times New Roman font type with only the initial letter of the title capitalized. Titles must not start with numbers or any kind of signs. Main titles must not have space before or after them and the main title must immediately be followed by the text (12-point size, Times New Roman) without an empty line.

Section Titles

No empty space is required when main titles are to be followed by the section titles without a text. The section titles must be aligned to the left and written in 12-point size, Times New Roman font type in bold with only the initial letter of the first word capitalized. Section titles must be followed by the text without an empty line in between. However, any section title following a text must have an empty line before.

» ***Sub-titles***

Sub-titles must be typed at the beginning of the text and separated from the text using a hyphen (-) after which must follow the text without a space. Sub-titles must be written in 12-point size italics using Times New Roman font type with only the initial letter of the first word capitalized.

IX. Figures

The figures included in the text must be centered on the page aligned with the text. The figures must be clear and understandable. The manuscripts will be scaled down by 20 % while printing thus the sizes of the figures must be arranged accordingly. The drawings must either be prepared in a digital drawing software or if scanned the file must at least have 300dpi definition. The texts found in graphics, images and text boxes must not be smaller than a text written with 9-point size in Times New Roman font-type. The numbers and the names of the figures must be centered on the page, typed under the figure itself, following a single space with 12-point size italics

in Times New Roman font-type with only the initial letter of the first word capitalized. There must be a single space before the figure, its title and after its title. The figures must be referred to within the text prior to the figure.

X. Images and Photographs

The images, photographs or special drawings included within the text must be scanned in 300 ppi (300 pixels per inch) with a 10 cm short edge in JPEG format, cited within the text and numbered together with figures.

XI. Tables and Equations

The tables included in the text must be centered on the page aligned with the text. The numbers and the names of the table must be typed above the table leaving a single space before and after as well as below the table using italics, 12-point size, Times New Roman font type; the title and the number must be centered with only the initial letter of the first word capitalized. Tables must certainly be referred to within the text beforehand. The contents of the tables lines and columns must be typed with Times New Roman font-type and in 12-point size. In case necessary the font size can be decreased down to 9-point size not exceeding text limits. The first line of the table, where the parameters and the names are found, must be closed by a 1.5-point size thick line from above and under. The table must be limited by adding an additional line under the last line of the table without using horizontal or vertical lines.

The equations to be written within the text must be typed using Microsoft Word Equation Editor and aligned to left with equals numbered within parentheses and aligned to the right.

XII. Symbols

In case the article contains a lot of symbols or they are required to be explained, symbols should be written in 11-point size italics with Times New Roman font type before the bibliography in accordance with international standards. Decimal demonstrations must be done with full stop“.” with no comma separating thousands. If required use space.

IIIX. Bibliography

The reference system for the journal is American Psychologist Association (APA) 6th Edition. A work prepared in APA system must have a references section at the end. The page must begin with a title named "References" written in 14-point size Times New Roman with only the initial letter capitalized. Any work referred or quoted within the text must be cited in the references section.

The references content must be placed at the end of the text, aligned in an alphabetical order with Times New Roman, 11-point size with only the names of journals, books or symposiums written in *Italics* as shown in the following examples.

In case there is, the volume numbers must be typed in **bold** and issue numbers in regular characters. The names of the journals where national or international articles are taken must not be abbreviated and must be given in full.

» **Example:** Name of the journal should be written as *Water Resources*, not as *Wat. Res.*

Citation must be as follows within the text in a sentence...Smith (1980)... or ...(Smith, 1980; Adams, 1981) as well as (Smith et al., 1980) at the end of a sentence indicating the surname and publishing year of the work. For citing the works with two authors, the surnames of both authors must be mentioned as follows (Snell and Ettre, 1971). In case there are more than two authors to be indicated in the citation then "et al." abbreviation must be used, in parentheses (Li et al. 1998) or within a sentence ... Li et al. (1998)...

- The names of books, magazines or journals, films or TV programs must be written in italics.

- A new or technical term may be written in italics when it is mentioned for the first time in the text and with regular characters later on.

- The common expressions and abbreviations in English must be written in regular characters. Italics must not be used for emphasizing an expression more.

-Organization abbreviations: the first reference must include the full name clearly; the abbreviations can be used later on in case the reader is familiar with the concept.

Example: First reference: National Institute of Mental Health (NIMH),
Later on: (NIMH, 2015)

Place direct quotations that are 40 words, or longer, in a free-standing block of typewritten lines, and omit quotation marks. Use a smaller point size than the text itself (10 or 11) and add page number in parenthesis at the end of the quote.

Example:

According to Krishnamurti (1998),
(...) zamanın bir sonucu değildir. Dönüşüm sessiz, sakin, pasif bir zihnin sonucudur. Zihin bir sonuca odaklandığında, artık pasif değildir. İnsan dönüşmek istedikçe, değişmek istedikçe, olanı değiştirmek istedikçe, bir sonuca odaklanacaktır, bir sonucu arayacaktır. Zihin basit bir şekilde olanı anlamağa niyet etmek zorundadır. O zaman sakinleşebilir. Bu sakinlik içinde, insan olanı anlayabilir. Dolayısıyla bir dönüşüm olabilir (s.83).

Information based on personal conversations that are realized through e-mail, telephone, face to face communication and in other ways are cited within the text but not in references section.

Initial use of laws within a text:

For laws (statutes), the preferred form includes the name of the law and the year – e.g. (Child Abuse Prevention and Treatment Act of 1974). APA style requires anything cited briefly in the text (e.g. in parentheses) should also have a complete listing in the References list. Belli koşulları sağlayan ve nüfus yoğunluğu fazla olan belediyelerde hizmetin daha etkin ve verimli şekilde verilebilmesi amacıyla Yapı Kontrol Müdürlükleri kurulmuştur (Belediye Kanunu [BK], 2005:Madde 48).

Repeated use of laws in a text:

Belediyeler 5393 sayılı yasanın kendilerine vermiş oldukları yetki çerçevesinde yapacakları işlerle ilgili olarak yönetmelikler çıkarırlar ([BK], 2005:Madde 48).

Bibliography should be prepared as follows:

National – International Articles

- » Ishidate, M., Sofuni, T., Yoshikawa, K., Hayashi, M., Nohmi, T., Sawada, M., Matsuoka, A., (1984). Primary mutagenicity screening of food additives currently used in Japan. *Food and Chemical Toxicology*, 22(8), 623-636.
- » Pandey, A. K., Kumar, P., Singh, P., Tripathi, N. N., Bajpai, V. K., (2017). Essential oils: Sources of antimicrobials and food preservatives. *Microbiology*, 7: 2161. doi: 10.3389/fmicb.
- » Gezgin, S., (2009). Medyanın sorumluluğu (Türk Alman ilişkileri Örneğinde). İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. 1: 44-54.

» National – International Papers

- » Yilmaz, A., Brown, O. and Nelson, H., (1998). *Magnetic fields*, Proceedings, 5th Conference, Electronics, 117-143, Sydney, A.

National – International Books

- » Yilmaz, A., Brown, O. and Nelson, H., (1998). *Magnetic fields*, 295, Mc. Graw Press, London.

Sections from Books

- » Sensoy, T., (1998). *Magnetic fields*, in Reinhardt, M, eds, Physics, Mc. Graw HM Press, 2-5, Oxford, UK.

Translated Books

- » Ong, W.J (1995). *Sözlü ve Yazılı Kültür. Sema Postacıoğlu* (Çev.). 136, Metis Yayınevi. İstanbul

Edited Books

» Çebi, M.(Ed).(2003). *Medya Etki Araştırmaları* 142, Alternatif Yayınevi. Ankara.

Sections from Edited Books

» Keeplinger. H,M(2003). *Etki Kavramının Sınırları*. Murat Çebi (Ed.), *Medya Etki Araştırmaları* 142, Alternatif Yayınevi. Ankara.

Journal Articles

» Gezgin, S. (2009). Medyanın Sorumluluğu (Türk Alman ilişkileri Örneğinde). *İstanbul Aydın Üniversitesi / Sosyal Bilimler Dergisi*, 1, 44-54

Unpublished Theses, Papers

Arvas, İ.S (2010). *Cumhuriyet Döneminde Basında Etik Bağlamda Ortaya Konulan Uygulamalar ve Bir Meslek Örgütü: Basın Konseyi*. (Unpublished Doctorate thesis) İstanbul Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Law and Regulations

» *Türkiye Cumhuriyeti Anayasası* (1982), Kanun No:2709, Resmi Gazete: 09.11.1982/17863.

» *Yapı Denetimi Hakkında Kanun* (2001), Kanun No:4708, Resmi Gazete: 13.07.2001/24461.

» *Yapı Denetimi Uygulama Yönetmeliği* (2008), Kanun No:4708, Resmi Gazete: 05.02.2008/26778.

Online Articles

» Koloğlu, O. (1999). *Medya, Devlet ve Sermaye*. <http://dorduncukuvvetmedya.com>

Printed Scientific Reports

» Yılmaz, A., Brown, O. and Nelson, H., eds. (1998). *Magnetic fields*, J., Technical Report, ICTP TRIL Programme, 12, Trieste.

Vocational, Technical Reports

» Yılmaz, A., Brown, O. and Nelson, H., eds. (1998). *Manyetik Alan*

Teorisi, Teknik Rapor 5, CEV Vakfı, İstanbul.

Theses

» Yilmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., (1998). *Manyetik Alan Teorisi*, Doktora tezi, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Standards

» TS920, (1990). *Binalarda rüzgar yükü kuralları*, Türk Standartları, Ankara. ix) Güncel Yazı

» Yilmaz, A., Brown, O. and Nelson, H., (1998). *Manyetik Alan Teorisi*, Bilim ve Teknik, 63, 7, 3-5

Online Sources

Following the alphabetical order of the sources, online sources must be indicated below a 1-point size line together with the date the source was used.

» Yilmaz, A., Brown, O. and Nelson, H., (1998). *Manyetik Alan Teorisi*, <http://www.server.com/final/paper1.html>, (21.12.2005)

Booklets (no date, no author):

» *Inside these doors: A guidebook of Elfreh's Alley homes* [Brochure]. (t.y.). Philadelphia: Elfreh's Alley Association.

Film

» Director's Surname, Director's Initials. (Director). (Year). *Name of the film in italics*. Production city: Production company name.

» Huston, J. (Director/Scriptwriter). (1941). *Malta Şahini* [Film]. U.S.: Warner.

Within the text: ...(Malta Şahini, 1941)...

Photograph

» Adams, Ansel. (1927). *Monolith, the face of Half Dome*, Yosemite National Park [Fotoğraf]. Art Institute, Chicago.

» Within the text: ...(Adams, 1927)...

Dialogue

» Arroyo, Gloria Macapagal. (2003). A time for Prayer. Michael Schuman ile söyleşi. *Time*. 28 Temmuz 2003. Erişim Tarihi 13 Ocak 2004, <http://www.times.com/time/nation/article/0,8599,471205,00.html>

Report and technical articles

» Gencil Bek, M. (1998). Mediscape Turkey 2000 (Report No. 2). Ankara: BAYAUM.

TV Show

» Long, T. (Author), and Moore, S. D. (Director). (2002). Bart vs. Lisa vs. 3 Grade [TV Series]. B. Oakley and J. Weinstein (Producer), *Simpsons*. Episode: 1403 F55079. Fox.

Within the text: ...(Simpsons, 2002)...

Contact Information:

Anadolu Bil Meslek Yüksek Okulu Dergisi Editorial Board

Istanbul Aydın University
Beşyol Mahallesi, İnönü Caddesi, No: 38
Sefaköy, Küçükçekmece/Istanbul

Tel: 0535 354 64 73

Web: <http://abmyod.aydin.edu.tr/>

E-mail: candanvarlik@aydin.edu.tr