

Sahibi / Owner

IQR Publishing

Editör / Editor

Assoc. Prof. Dr. Selim GÜNDÜZ

Editör Yardımcıları / Co-Editors

Dr. Dilek VEYSİKARANI

Assist. Prof. Dr. C. Gökçe ÖZMEN

Alan Editörler Kurulu / Field Editors Board

Prof. Dr. M. Çağatay KORKMAZ

Assoc. Prof. Dr. Hakan DEMİRTAŞ

Prof. Dr. Murat ERİŞOĞLU

Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk RENÇBER

Prof. Dr. Coşkun KUŞ

Assoc. Prof. Dr. Elif TUNA

Prof. Dr. Çiğdem ARICIGİL ÇİLAN

Assoc. Prof. Dr. Başak Gül AKAR

Prof. Dr. Celile ÖZÇİÇEK DÖLEKOĞLU

Assist. Prof. Dr. Shilpa DEO

Assoc. Prof. Dr. Festus Victor BEKUN

Assoc. Prof. Dr. Sulagna DAS

Dil Editörü/ Language Editor

Mahmut Berkan ÇETİN

İstatistik Editörü/ Statistics Editor

Prof. Dr. Murat ERİŞOĞLU

IQR Journal of Applied Statistics in Social Science (IQR-J) uluslararası hakemli bir dergidir. Nisan, Ağustos ve Aralık aylarında olmak üzere yılda üç kez yayınlanır. Dergide yayınlanan yazıların, her türlü bilimsel, imlâ ve hukuki sorumlulukları yazarlarına aittir. Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz.

IQR Journal of Applied Statistics in Social Science (IQR-J) it is an international refereed journal. April August and December is published three times a year in the months of April, August and December. All kinds of scientific, spelling and legal responsibilities of the articles published in the journal belong to the authors. Cannot be quoted without showing the source.

Dergi Yazışma Adresi / Journal Correspondence Address

Balcalı Mah. Güney Kampüs, Çukurova Teknokent A Blok, IQR Araştırma Şirketi,
Sarıçam Adana/Türkiye

Dergi: <https://iqr-j.com/>

Dergi e-posta: info.iqrjournal@gmail.com

Danışma ve Yayın Kurulu/ Consulting and Editorial Board

Prof. Dr. Rodrigo Rosseto Pescim, Universidade Estadual de Londrina, Brazil

Prof. Dr. Mir Masoom Ali Ball State University, USA

Prof. Dr. Ahmet Ergülen, Selçuk University, Türkiye

Prof. Dr. Aşır Genç, Necmettin Erbakan University, Türkiye

Prof. Dr. Çiğdem Arıcıgil Çılan, İstanbul University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Festus Victor Bekun, İstanbul Gelişim University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Sulagna Das, JIS University, India

Assoc. Prof. Dr. Vita Speckauskiene, Lithuanian University of Health Sciences/Kaunas-Lituania

Assoc. Prof. Dr. Alena Fedorova, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Assoc. Prof. Dr. Farrukh Jamal, The Islamia University of Bahawalpur, Pakistan

Assoc. Prof. Dr. M. Bourguignon Pereira, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brazil

Assoc. Prof. Dr. Faton Merovci, University of Mitrovica Isa Boletini, Kosovo

Assoc. Prof. Dr. S.M.T.K. Mirmostafee, University of Mazandaran, Iran

Assoc. Prof. Dr. F.Feyza Gündüz, Adana Alparslan Türkeş Sci. and Technology University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Nimet Türker, Çukurova University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk Rençber, Gaziantep University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Sibel Örk Özel, Çukurova University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Tuğba Söküt Acar, Çanakkale On Sekiz Mart University, Türkiye

Assist. Prof. Dr. Shilpa Deo, DES Pune University, India

Assist. Prof. Dr. Jude Kong, York University, Canada

Assist. Prof. Dr. Berrin Gültay, Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye

İçindekiler / Contents

The Role and Applications of Big Data Technologies and Data Analytics in The Covid-19 Pandemic	1
<i>Covid-19 Pandemisinde Büyük Veri Teknolojileri ve Veri Analizlerinin Rolü ve Uygulamaları</i>	
Raziye AKTAŞ, Fatma Feyza GÜNDÜZ	
Kerevit Optimizasyon Algoritması ile Matematik ve Fen Okuryazarlığı Performansının İncelenmesi	9
<i>Investigation of Mathematics and Science Literacy Performance with the Crayfish Optimization Algorithm</i>	
Recep ERZURUMLU, Serpil AYDIN	
Ekonomi ve İnovasyon Göstergelerinin Yeşil Gelecek Üzerindeki Etkisinin Yapısal Eşitlik Modeli ile Değerlendirilmesi	23
<i>Evaluation of the Impact of Economic and Innovation Indicators on the Green Future Using Structural Equation Modeling</i>	
Ceren BÖRÜBAN	
Çevresel Sorunlara Gençlerin Bakış Açısı: Adana İli Örneği	40
<i>The Perspective of Youth on Environmental Issues: The Case of Adana Province</i>	
Esma ZEREYALP, Gülsen KIRAL	
Lise Son Sınıf Öğrencilerinde Matematik Konularına Ait Bilişsel Uzantıların Araştırılması ve İstatistiksel Yöntemlerle Sunulması	50
<i>Researching Cognitive Extensions of Mathematical Subjects in Hight School Students and Presenting Them with Statistical Methods</i>	
Tuncay DEMİR, Mehmet GÜRCAN	

EDİTÖRDEN

Değerli Okurlarımız,

IQR Journal of Applied Statistics in Social Science (IQR-J) dergimizin ikinci sayısı ile sizlerle yeniden buluşmanın mutluluğunu ve gururunu yaşıyoruz. Yayın hayatına Nisan 2025'te başlayan dergimizin kısa sürede farklı disiplinlerden gördüğü ilgi ve dergimize yönelik katkılar, bizlere doğru bir yolda ilerlediğimizi gösteriyor.

IQR-J, sosyal bilimler alanında uygulamalı istatistik temelli bilimsel üretimi desteklemeyi ve disiplinlerarası çalışmaları teşvik etmeyi hedefleyen bir platformdur. İkinci sayımızda da bu hedef doğrultusunda özenle seçilmiş beş özgün araştırma makalesine yer vermekteyiz.

Dergimizin ikinci sayısında, Raziye Aktaş ve Fatma Feyza Gündüz'ün "*The Role and Applications of Big Data Technologies and Data Analytics in The Covid-19 Pandemic*" başlıklı çalışması, Recep Erzurumlu ve Serpil Aydın'ın "*Kerevit Optimizasyon Algoritması ile Matematik ve Fen Okuryazarlığı Performansının İncelenmesi*" adlı makalesi, Ceren Börüban'ın "*Ekonomi ve İnovasyon Göstergelerinin Yeşil Gelecek Üzerindeki Etkisinin Yapısal Eşitlik Modeli ile Değerlendirilmesi*" çalışması, Esmâ Zereyalp ve Gülşen Kırıl'ın "*Çevresel Sorunlara Gençlerin Bakış Açısı: Adana İli Örneği*" başlıklı çalışması ve Tuncay Demir ile Mehmet Gürcan'ın "*Lise Son Sınıf Öğrencilerinde Matematik Konularına Ait Bilişsel Uzanlıkların Araştırılması ve İstatistiksel Yöntemlerle Sunulması*" adlı çalışması yer almaktadır.

Dergimizin bu sayısında yayımlanan makalelerin, sosyal bilimlerde uygulamalı istatistik alanına metodolojik ve teorik düzeyde yenilikçi katkılar sağlayacağına ve araştırmacılar için ilham verici birer kaynak olacağını öngörmekteyiz.

Yayın sürecimizin temelini oluşturan tarafsız, çift-kör hakemlik sistemiyle çalışmalara nitelik kazandıran değerli hakemlerimize; katkılarıyla dergimizin niteliğini yükselten yazarlarımıza, sürecin her aşamasında özveriyle çalışan alan editörlerimize, editör yardımcılarımıza, yayın kurulu ve bilim danışma kurulu üyelerimize teşekkür ederim.

Yayıncılık serüvenimize aynı özveri, titizlik ve bilimsel sorumlulukla devam ederken, siz değerli okuyucularımızla bir sonraki sayıda yeniden buluşmayı diliyoruz.

Saygılarımla,
Doç. Dr. Selim GÜNDÜZ
IQR Yayınevi Kurucusu
IQR-J Dergi Editör

COVID-19 PANDEMİSİNDE BÜYÜK VERİ TEKNOLOJİLERİNİN ve VERİ ANALİZLERİNİN ROLÜ ve UYGULAMALARI

*THE ROLE and APPLICATIONS of BIG DATA TECHNOLOGIES and
DATA ANALYTICS in THE COVID-19 PANDEMIC*

Raziye AKTAŞ¹,

Fatma Feyza GÜNDÜZ²

How to Cite This Article

Raziye, A. & Gündüz, F.
(2025). "The Role and
Applications of Big Data
Technologies and Data
Analytics in The Covid-
19 Pandemic" IQR
Journal of Applied
Statistics in Social
Science, (e-ISSN:3062-
3871) Vol:2, Issue:1;
pp:1-8

Arrival: 1 April 2025

Published: 1 August 2025

ÖZET

COVID-19 pandemisi, dünya çapında sağlık sistemleri, ekonomiler ve sosyal yaşam üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur. Bu dönemde, veri analitiği hastalığın yayılmasını modelleme, kaynak tahsisi, halk sağlığı kararlarını bilgilendirme ve risk altında olan kişileri belirleme dahil olmak üzere çeşitli alanlarda kritik bir rol oynamıştır. Bu çalışma, COVID-19 krizi sırasında kullanılan veri analitiği yöntemlerini, uygulama alanlarını ve elde edilen bulguları araştırmaktadır. Ayrıca, veri analitiğinin karar alma süreçlerine nasıl katkıda bulunduğunu ve gelecekteki pandemilere hazırlığı artırma potansiyelini tartışmaktadır.

Anahtar kelimeler: COVID-19, büyük veri, veri analitiği, yapay zeka, sağlık verileri, pandemi yönetimi

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic has had a significant impact on healthcare systems, economies, and social life worldwide. During this period, data analytics played a critical role in various areas, including modeling the spread of the disease, allocating resources, informing public health decisions, and identifying individuals at risk. This study explores the data analytics methods used during the COVID-19 crisis, their areas of application, and the findings obtained. Furthermore, it discusses how data analytics contributed to decision-making processes and its potential to enhance preparedness for future pandemics.

Keywords: COVID-19, big data, data analytics, artificial intelligence, health data, pandemic management

1. Introduction

The new coronavirus SARS-CoV2 virus, which emerged in the Wuhan province of the People's Republic of China and spread all over the world and caused a pandemic, was declared a global health emergency by the World Health Organization (WHO) on January 30, 2020. The Novel Coronavirus has caused a huge and serious burden of morbidity and mortality all over the world (Aktas, A. et al. 2020).

¹Doktora Öğrencisi, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, 01.raziyeaktas@gmail.com, Adana, Türkiye. ORCID: 0009-0009-4014-1389

²Doçent Doktor, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, ffgunduz@atu.edu.tr, Adana, Türkiye. ORCID: 0000-0001-7603-6817

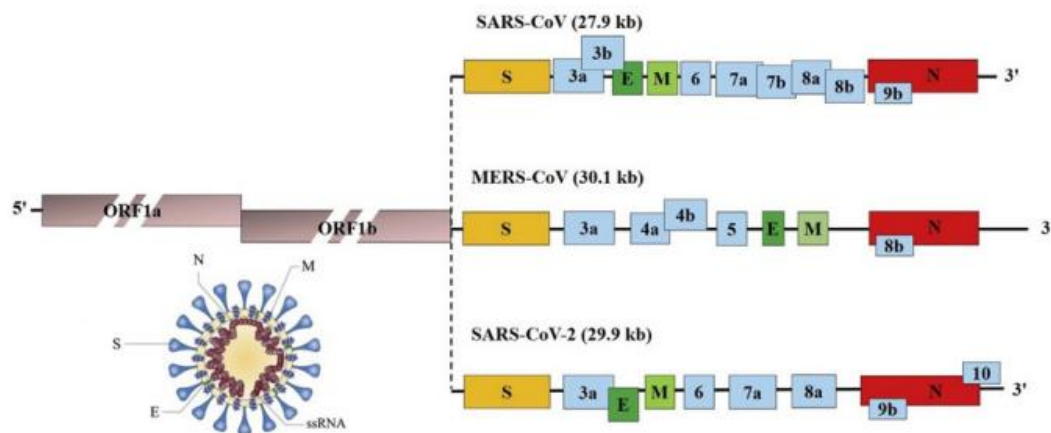


Figure1: Genomes of SARS-CoV, MERS-CoV and SARS-CoV-2 (Li et al. 2020)

Coronaviruses are pleomorphic or spherical in shape. The glycoproteins on their surface have crown-like projections and are characterized by these projections. The genetic structure of coronaviruses is susceptible to frequent mutation and recombination processes, which can lead to new strains by changing and changing virulence. There are 7 subtypes of coronaviruses in humans, including 229E, NL63, OC43, HKU1, Middle East respiratory syndrome (MERS) -CoV, severe acute respiratory syndrome (SARS) -CoV, and 2019-novel coronavirus (nCoV). It can show symptoms such as pneumonia, bronchiolitis, cold, rhinitis, sinusitis, pharyngitis, and rarely diarrhea (Aktaş, A., Sener, K., Yılmaz, N., Tunç, M., & Yolcu, S. 2020).

The COVID-19 pandemic represents not only a global health crisis but also a multidimensional social phenomenon that accelerated data-driven digital transformation processes. The SARS-CoV-2 virus, which emerged in Wuhan, China, at the end of 2019 and rapidly spread worldwide, was declared a global pandemic by the World Health Organization (WHO) on March 11, 2020 (World Health Organization [WHO], 2020). The COVID-19 pandemic has seen a dramatic spread of the disease, with the number of people infected exceeding 82 million and the death toll exceeding one million. During the pandemic, decision-making processes were shaped by strategies based on real-time, accurate, and comprehensive data analytics, revealing the critical importance of big data technologies in public health management (Keesara, Jonas & Schulman, 2020).

Data science involves collecting, researching and producing data for analysis, which is completely related to the field of mathematics and statistics. The 21st century is the era of big data, affecting every aspect of human life, including biology and medicine (Awotunde, J. et al. 2022).

Although only the size of data is emphasized in Big Data technologies, the value, speed, accuracy and diversity of data constitute other important big data components. In previous studies, data over 100 TeraBytes is generally called big data. Big Data is a technology that emerges in different sectors. It means a large amount of heterogeneous data produced from many sources. With big data analytics, predictions can be made, classification and staging can be done, new formulas can be revealed and hidden patterns in data can be discovered. The healthcare sector produces big data in different structures such as numerical, visual and auditory every year. The healthcare sector is the sector with the fastest data production growth rate with 36% globally. With the developments in data analytics in healthcare, the increase in MR resolutions and the increase in the storage of other image and video data, the speed of data generated in healthcare is increasing rapidly (Önder, G., Önder, E., & Özdemir, M. 2019).

The spread of the COVID-19 pandemic has generated a large volume of data that can be used to better predict and respond to unforeseen risks, providing a better and deeper understanding of a range of

analytical tools. This data can be used to continuously monitor the virus globally and create medical innovation (Haleem, A., Javaid, M., Khan, I. H., & Vaishya, R. 2020).

Table 1: COVID-19 Vaccination by region (The Economist <https://www.economist.com/graphic-detail/tracking-coronavirus-across-the-world> April 21st 2021)

	Countries Vaccinating	Doses Administered	People With First Dose	People With Second Dose	Vaccinations Per day, Per 100,000
World	191/195	13.3 bn	70.9%	57.8%	4
Sub-Saharan Africa	48/49	541 m	34.5%	16.3%	0
South Asia	6/6	2.66 bn	76.7%	70.7%	0
South America	12/12	951 m	87.0%	73.5%	11
Rest of Europa	22/23	610 m	61.5%	37.6%	4
Oceania	10/10	80.6 m	67.8%	65.4%	1
North America	3/3	993 m	81.0%	6.4%	14
MENA	20/21	545 m	49.9%	36.7%	0
European Union	27/27	930 m	75.3%	68.4%	5
East Asia	15/16	5.33 bn	85.7%	83.3%	4
Central Asia	8/8	478 m	64.6%	53.4%	5
Central America	20/20	148 m	59.1%	54.0%	11

In combating COVID-19, high-volume, fast, and diverse data sets were obtained from various sources such as case numbers, test results, contact tracing information, social mobility, healthcare infrastructure, and vaccination rates. These multidimensional data sets exceeded the capabilities of traditional data processing methods and were analyzed using machine learning, big data analytics, and artificial intelligence-based approaches (Gozes et al., 2020). Through these methods, the spread of the virus was modeled, possible scenarios were predicted, and healthcare resources were managed effectively (Arora, Johri, & Dhar, 2021).

The use of big data has proven effective across a wide spectrum—from contact tracing applications and digital symptom monitoring systems to clinical decision support systems and mobile health apps. For example, in countries such as South Korea, Taiwan, and Singapore, digital monitoring systems enabled faster contact tracing, significantly contributing to controlling the spread of the virus (Park, Choi, & Ko, 2020). Additionally, image processing techniques were used for automated analysis of lung CT scans (Gozes et al., 2020), and natural language processing (NLP) methods facilitated rapid access to the growing body of COVID-19 literature (Wang et al., 2020).

However, the use of big data-based systems also raised several ethical, legal, and technical challenges. Issues such as data privacy, the protection of individual rights, data standardization, and digital divides between countries defined the boundaries of big data interventions (Zwitter & Gstrein, 2020).

This study aims to examine the role of big data technologies in managing the COVID-19 pandemic within the framework of data sources and analytical methods used. In addition to exploring the opportunities provided by these technologies, it will also address the limitations encountered, offering insights to enhance digital preparedness for potential future outbreaks.

Evaluation of Covid-19 Process with in The Scope of Data Analytics

With the development of digital technologies in recent years, it has become possible to produce a huge amount of data in a short time. Therefore, big data and intelligent analysis methods need to be used effectively and accurately for public health. Especially in global epidemics such as COVID-19, solutions based on this data are of vital importance.

During the pandemic process, digital data and algorithms have been very effective tools in terms of tracking the spread of the virus, identifying people who have been in contact with patients, and managing quarantine processes. However, when using this data, attention should also be paid to individuals' privacy rights and data security. Otherwise, misuse of personal information can create distrust in society and reduce people's willingness to comply with health recommendations.

During the COVID-19 outbreak, there has been great uncertainty about both how to evaluate existing data and how to make predictions about the future. However, even in this environment of uncertainty, data-based decision-making processes have come to the fore; health authorities, scientists, and managers have developed more effective strategies using this data.

Sharing data collected from the field quickly, transparently and ethically has been a guide in controlling the outbreak, developing new treatment methods and using limited health resources more efficiently.

It is very important for the society to master basic concepts such as the necessity of tests, accuracy rates, screening methods and the incidence of the disease. At this point, biostatistics science comes into play, ensuring that the data is analyzed correctly and the society is informed. Analyses based on daily case data have made the importance of biostatistics in the COVID-19 crisis even more evident.

From a data analytics perspective, modeling the pandemic process can make significant contributions to understanding the future behavior of the disease and preparing for possible new outbreaks. For example, data analysis plays a key role in many areas such as tracking infected individuals, calculating the probability of transmission of the virus, and evaluating the effects of treatments and vaccines (Aslim, G., & Tekindal, M. A. 2021).

2. Literature Review

During the COVID-19 period, data analytics played a significant role both in academic research and in the operational practices carried out by health authorities. A wide range of methods were employed, from epidemiological models predicting the rate of disease spread to the analysis of social media data. The literature includes numerous studies highlighting the effective use of machine learning algorithms in areas such as symptom prediction, patient classification, and forecasting mortality rates. Additionally, the use of data visualization tools for informing the public and guiding decision-makers has also been a prominent subject of research.

There are numerous studies in the literature on the use of big data in the management of the COVID-19 pandemic. Keesara, Jonas, and Schulman (2020) reveal that the digitalization of healthcare systems directly affects the capacity to respond to the pandemic. Gozes et al. (2020) detail the use of image processing and artificial intelligence techniques in automatic COVID-19 detection in lung tomography.

The study by Park, Choi, and Ko (2020) shows how effective digital contact tracing has been in Asian countries. In addition, Wang et al. (2020) state that natural language processing techniques play an important role in providing rapid access to COVID-19 literature.

Zwitter and Gstrein (2020) focus on the ethical dimensions of big data systems, emphasizing the importance of protecting individual privacy and algorithmic transparency. In this context, big data is not only a technical but also a social and normative structure.

The data used during the COVID-19 process is both structural and unstructured. While diagnosis, test and hospitalization data from health systems constitute structural data, sources such as social media content, GPS data and open-text documents are among the unstructured data. These data sources were provided by public institutions, health facilities, mobile service providers and international organizations (Arora, Johri & Dhar, 2021).

A wide range of data analytics methods were used in the management of the pandemic. These include machine learning and deep learning (Gozes et al., 2020), natural language processing (Wang et al., 2020), geographic information systems and predictive modeling. Through these methods, the rate of spread of the disease and risky areas were determined and health resources were strategically directed.

Digital contact tracing systems, clinical decision support applications and remote patient monitoring systems were the areas where big data applications were used most intensively during the pandemic. In countries such as South Korea and Taiwan, significant success has been achieved in breaking the chain of infection thanks to the use of mobile data and rapid digital intervention strategies (Park, Choi & Ko, 2020).

Big data applications have encountered some ethical and technical limits. First and foremost, data privacy and confidentiality have made it difficult for social acceptance of digital contact tracing. In addition, differences in digital infrastructure between countries and problems with data standardization have hindered a holistic response on a global scale (Zwitter & Gstrein, 2020).

Qin et al. used Big Data to estimate the number of new COVID-19 cases. Qin et al. made their estimates using the “Social media search index” (SMSI). In this index, they used a delayed series of various keywords by including COVID-19 clinical symptoms such as fever, dry cough, chest pain. The authors found that this method could detect new COVID-19 cases 6-10 days in advance (Qin, L. et al. 2020).

Big Data can enable real-time tracking of disease outbreaks. Unlike past major epidemics and pandemics, COVID-19 is rich in open-access data on the number of new infections per day by country and, in some cases, by city. When combined with our knowledge of people’s movements, it represents a perfect dataset for combining mathematical modeling and AI. Using an AI-powered tracking system, Blue Dot appears to have been the first to detect the COVID-19 outbreak. In fact, it reported the pandemic in Wuhan, where the pandemic first emerged, long before Chinese authorities and other international organizations did (McCall, B. 2020).

The process of collecting the maintenance and control information of COVID-19 in China, the processing of medical health data, location data, government data, financial protection and online consumption data has played an important role in the personal tracking, surveillance and early warning of big data technology, neurological monitoring of the disease, treatment screening, treatment, resource treatments and extraction. They identified a series of big data problems, including the inability to collect timely data, the inability to guarantee the financial value of data, the low efficiency of data use and the problems of protecting data privacy. These problems are presented as unified data collection standards, the use of data files, the accelerated exchange of data and a comprehensive and detailed data protection system (Wu, J. et al. 2020)

3. Methodology

This study employs a qualitative research method. By reviewing recent articles, reports, and case studies in the literature, the use of data analytics during the COVID-19 period was analyzed in terms of its purposes and applications. During the data collection process, academic databases such as Google Scholar, PubMed, and ScienceDirect were utilized. The selected studies were evaluated through content analysis and thematically categorized.

4. Results

The analysis revealed that data analytics was most commonly used in four main areas during the COVID-19 period:

1. **Epidemiological modeling:** Estimating the transmission rate of the disease and projecting possible scenarios.
2. **Resource management:** Efficient management of hospital bed capacities, intensive care units, and medical equipment.
3. **Public health decisions:** Formulation of policies regarding quarantine, social distancing, and travel restrictions.

4. **Risk analysis:** Identification of high-risk groups based on factors such as age, chronic conditions, and regional density.

Data analytics methods enabled rapid and data-driven decision-making in these domains.

The COVID-19 pandemic has been a global crisis that has tested not only health systems but also digital infrastructures. In this process, big data technologies have formed the basis of decision-making mechanisms and increased the effectiveness of interventions at both individual and societal levels by enabling fast and accurate information flow. The use of big data analytics in many areas such as case tracking, contact analysis, resource planning and early warning systems has played a critical role in understanding and managing the course of the pandemic (Keesara et al., 2020; Arora et al., 2021).

However, the potential of big data use has also become clear in this process. Issues such as data security, individual privacy, algorithmic neutrality and digital inequality have shown that these technologies need to be applied in a more inclusive and ethical manner (Zwitter & Gstrein, 2020).

Thus, COVID-19 has sent a strong signal that not only health systems but also digital governance models need to be redesigned. Big data systems are not only technical tools, but also strategic structures that require social and ethical responsibility.

The lessons that can be learned from the COVID-19 experience are important not only for the current pandemic but also for preparing for similar health crises that may be encountered in the future. In this regard, the following policy and strategy recommendations have been developed:

- A harmonious structure should be established between national and international health data systems.
- Open data principles should be adopted and reliable and rapid data sharing should be encouraged in times of crisis (Wang et al., 2020).
- Data privacy laws should be updated to protect individual privacy; decision-making processes of algorithms should be transparent (Zwitter & Gstrein, 2020).
- An open and reliable communication strategy with the public should be developed for digital contact tracing and monitoring systems.
- Training of human resources in the fields of data science, artificial intelligence and health informatics should be supported.
- Access to these technologies should be provided to rural and disadvantaged regions with policies that will reduce the digital divide (Park et al., 2020).

Pandemic management should be addressed not only in medical but also in sociological, technological and ethical dimensions; interdisciplinary coordination mechanisms should be established.

Digital innovations for crisis management should be encouraged through collaboration between the academy, public and private sectors.

In line with these recommendations, both the digital transformation capacity of existing health systems can be increased and a more resilient structure can be built against future health crises.

5. Discussion

The COVID-19 pandemic demonstrated how critical data analytics technologies can be in public health management. However, challenges such as data privacy, data quality, and integration issues encountered throughout the process limited the effectiveness of these technologies. While data-driven decision-making processes yielded successful outcomes in some countries, they proved ineffective in others due to lack of sufficient data. This highlights the importance of strengthening data infrastructure and implementing open data policies.

The use of big data in the management of the COVID-19 pandemic has demonstrated both the strengths and limitations of digital health technologies. While the application of real-time data analytics, predictive modeling, and machine learning algorithms significantly contributed to the understanding of virus spread, the allocation of healthcare resources, and the optimization of containment strategies, it also highlighted several challenges that need to be addressed for future preparedness.

One of the key strengths of big data in the pandemic response was the ability to provide real-time insights into the dynamics of the outbreak. Countries that implemented advanced contact tracing and digital monitoring systems, such as South Korea, Taiwan, and Singapore, showed how the rapid collection and analysis of data could facilitate early intervention and limit the spread of the virus (Park et al., 2020). This ability to make data-driven decisions in real-time has proven essential in managing public health crises.

However, the use of big data also raised concerns about privacy and ethical issues. The widespread use of contact tracing applications and health monitoring systems has led to questions about data security and the protection of individuals' personal information. The lack of standardization across countries and the digital divide between regions further complicated the equitable use of these technologies. In some countries, especially those with less developed digital infrastructures, the inability to implement efficient digital health interventions contributed to the exacerbation of the crisis (Zwitter & Gstrein, 2020).

Another significant challenge was the need for transparency and accountability in the use of algorithms and artificial intelligence (AI). While AI models have shown promise in automating tasks such as diagnosing COVID-19 from medical imaging, there is a growing need for transparency in the decision-making processes of these models to ensure their fairness and reliability (Keesara et al., 2020). Ethical concerns regarding algorithmic biases and the potential for unfair treatment of certain populations must be addressed in future applications of AI in public health.

6. Conclusion

Data analytics has emerged as a crucial strategic tool in the management of the COVID-19 pandemic. In crisis situations, such as a pandemic, the importance of data-driven decision-making processes has been once again demonstrated. For future crises, it is recommended to strengthen early warning systems, establish data sharing protocols, and clarify ethical principles. In conclusion, the COVID-19 pandemic has underscored the importance of integrating big data into healthcare systems while also recognizing the need for robust ethical frameworks, regulatory oversight, and international cooperation. Moving forward, a more coordinated approach to data governance, privacy protection, and the development of inclusive digital health technologies will be crucial in mitigating the impact of future global health emergencies. The spread of the COVID-19 pandemic has generated a large volume of data for a better and deeper understanding of a range of analytical tools that can be used to better predict and respond to unforeseen risks. In conclusion, although the COVID-19 pandemic process we are living in has brought many issues to the agenda in every field, it is not clearly known what else this process will bring and take away. For this reason, the whole world needs to act together, make decisions, and produce policies on how to overcome these difficult and unknown issues in order to end the pandemic. At this point, solutions should be developed against many problems that need to be solved, under ethical guidance, without deviating from science and scientific methods, using biostatistical methods such as data analysis and modeling. Fighting the pandemic in line with these suggestions is very important both in terms of the current pandemic and possible pandemics that may occur in the future.

KAYNAKLAR

- Aktas, A., Tuzun, B., Taskin, A. H., Sayin, K., & Ataseven, H.. (2020). How do arbidol and its analogs inhibit the SARS-CoV-2?. *Bratislavske lekarske listy*, 121(10), 705-711.
- Aktaş, A., Sener, K., Yılmaz, N., Tunç, M., & Yolcu, S. (2020). Is mean platelet volume useful for predicting the prognosis of COVID-19 diagnosed patients. *IJRSMHS*, 5(7), 8-11.
- Apostolopoulos, I. D., & Mpesiana, T. A. (2020). Covid-19: Automatic detection from X-ray images utilizing transfer learning with convolutional neural networks. *Physical and Engineering Sciences in Medicine*.
- Arora, A., Johri, A., & Dhar, V. (2021). Big data analytics for healthcare during COVID-19 pandemic: A review. *International Journal of Information Management*, 56, 102252. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102252>
- Aslm, G., & Tekindal, M. A. (2021). COVID-19

- pandemisinin etik yönleri ve veri analitiği üzerine bir değerlendirme. *Türkiye Diyabet ve Obezite Dergisi*, 5(2), 226-23
- Awotunde, J. B., Adeniyi, E. A., Kolawole, P. O., & Ogundokun, R. O. (2022). Application of big data in COVID-19 epidemic. In *Data Science for COVID-19* (pp. 141-165). Academic Press.
- Gozes, O., Frid-Adar, M., Greenspan, H., Browning, P. D., Zhang, H., Ji, W., & Bernheim, A. (2020). Rapid AI development cycle for the coronavirus (COVID-19) pandemic: Initial results for automated detection & patient monitoring using deep learning CT image analysis. *arXiv preprint arXiv:2003.05037*.
- Haleem, A., Javaid, M., Khan, I. H., & Vaishya, R. (2020). Significant applications of big data in COVID-19 pandemic. *Indian journal of orthopaedics*, 54, 526-528
- Keesara, S., Jonas, A., & Schulman, K. (2020). Covid-19 and healthcare's digital revolution. *New England Journal of Medicine*, 382(23), e82. <https://doi.org/10.1056/NEJMp2005835>
- Li, X., Geng, M., Peng, Y., Meng, L., & Lu, S. (2020). Molecular immune pathogenesis and diagnosis of COVID-19. *Journal of pharmaceutical analysis*, 10(2), 102-108.
- McCall, B. (2020). COVID-19 and artificial intelligence: protecting health-care workers and curbing the spread. *The Lancet Digital Health*, 2(4), e166-e167.
- Önder, G., Önder, E., & Özdemir, M. (2019). Gelişmekte olan teknolojiler sonucu sağlıkta oluşacak yeni meslekler. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10, 71-80.
- Park, S., Choi, G. J., & Ko, H. (2020). Information technology-based tracing strategy in response to COVID-19 in South Korea—Privacy controversies. *JAMA*, 323(21), 2129–2130. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.6602>
- Pepe, E., Bajardi, P., Gauvin, L., Privitera, F., Lake, B., Cattuto, C., & Tizzoni, M. (2020). COVID-19 outbreak response: first assessment of mobility changes in Italy following national lockdown. medRxiv.
- Qin, L., Sun, Q., Wang, Y., Wu, K. F., Chen, M., Shia, B. C., & Wu, S. Y. (2020). Prediction of number of cases of 2019 novel coronavirus (COVID-19) using social media search index. *International journal of environmental research and public health*, 17(7), 2365.
- The Economist <https://www.economist.com/graphic-detail/tracking-coronavirus-across-the-world> April 21st 2021
- Wang, L. L., Lo, K., Chandrasekhar, Y., Reas, R., Yang, J., Eide, D., ... & Kohlmeier, S. (2020). COVID-19: The COVID-19 open research dataset. *arXiv preprint arXiv:2004.10706*.
- Wu, J., Wang, J., Nicholas, S., Maitland, E., & Fan, Q. (2020). Application of big data technology for COVID-19 prevention and control in China: lessons and recommendations. *Journal of medical Internet research*, 22(10), e21980.
- Yang, Z., Zeng, Z., Wang, K., Wong, S. S., Liang, W., Zanin, M., ... & He, J. (2020). Modified SEIR and AI prediction of the epidemics trend of COVID-19 in China under public health interventions. *Journal of Thoracic Disease*.
- Zwitter, A., & Gstrein, O. J. (2020). Big data, privacy, and COVID-19 – Learning from humanitarian expertise in data protection. *Journal of International Humanitarian Action*, 5, 4. <https://doi.org/10.1186/s41018-020-00072-6>

KEREVİT OPTİMİZASYON ALGORİTMASI İLE MATEMATİK VE FEN OKURYAZARLIĞI PERFORMANSININ İNCELENMESİ

*INVESTIGATION OF MATHEMATICAL AND SCIENCE LITERACY
PERFORMANCE WITH CRAYEQUISITE OPTIMIZATION
ALGORITHM*

Recep ERZURUMLU¹



Serpil AYDIN²



How to Cite This Article

Erzurumlu, Recep &
Aydın, Serpil. (2025).
“Kerevit Optimizasyon
Algoritması ile
Matematik ve Fen
Okuryazarlığı
Performansının
İncelenmesi” IQR Journal
of Applied Statistics in
Social Science, (e-
ISSN:3062-3871) Vol:2,
Issue:1; pp:9-22

Arrival: 1 May 2025

Published: 1 August 2025

ÖZET

Kerevit optimizasyon algoritması (KOA), kerevitin yaz kaçış davranışına, rekabetçi davranışına ve yiyecek arama davranışına dayanan metasezgisel bir optimizasyon algoritmasıdır. Bu algoritma, kerevitlerin bölgesel davranışları, rekabetçi tutumları ve beslenme stratejilerinden esinlenilerek geliştirilmiştir. Yenilikçi ve uygulaması kolaydır, ancak kerevit arama verimliliği algoritmanın ilerleyen aşamalarında azalır ve algoritmanın yerel optimuma düşmesi kolaydır. Bu çalışmada, TIMSS 2019 verileri kullanılarak 4. sınıf matematik ve fen çalışmasına katılan 58 ülkenin başarısıyla ilişkili olduğu düşünülen değişkenler ele alınarak nicel araştırma kapsamında yer alan betimsel tarama modeli kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan veriler, öğrencilerin, öğretmenlerin ve okul müdürlerinin doldurduğu anketlerin IEA IDB Analyzer programıyla öğrencilerin matematik ve bilim sınavı başarılarını temel alarak elde edilmiştir. Matematik ve fen başarısının optimizasyonunun hedeflendiği çalışmada kerevit optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar gerçek sonuçlarla karşılaştırılmış ve optimizasyon algoritmasının geçerliliği sağlanmıştır. Bu durum değerlendirmesi, politika yapıcılara ve planlayıcılara, bu politika yaklaşımının güçlü ve zayıf yönlerini ve bu maliyetli politikayı sürdürmenin önemini belirlemede yardımcı olabilmelerini sağlayacak bir tavsiye niteliğindedir.

Anahtar Kelimeler: Kerevit Optimizasyon Algoritması, Eğitim, Performans.

ABSTRACT

The crayfish optimization algorithm (COA) is a metaheuristic optimization algorithm based on crayfish's summer escape, competitive, and foraging behavior. The territorial behavior, competitive attitudes, and feeding strategies of crayfish inspire this algorithm. It is innovative and easy to implement, but the crayfish search efficiency decreases in the later stages of the algorithm, and it is easy for the algorithm to fall into the local optimum. This study used a descriptive survey model within the scope of quantitative research to address the variables related to the success of 58 countries participating in the 4th-grade mathematics and science study using TIMSS 2019 data. The data used in this study were obtained from questionnaires completed by students, teachers, and school principals based on students' achievement in mathematics and science exams using the IEA IDB Analyzer program. A crayfish optimization algorithm was used in the study to optimize mathematics and science achievement. The results obtained were compared with the actual results, and the validity of the optimization algorithm was ensured. This case study provides a recommendation that can help policymakers and planners identify the strengths and weaknesses of this policy approach and the importance of continuing this costly policy.

Keywords: Crayfish optimization algorithm, Education, Performance

1.Giriş

Ülkelerin kalkınmasına etki eden en önemli unsurlardan birisi eğitimidir. Eğitim, insanın doğumundan itibaren hayatının her evresinde etkisini göstermektedir (Sağlam ve ark., 2020). Ülkeler, eğitim politikalarının sonuçlarını değerlendirmek ve eğitim kalitesini yükseltmek amacıyla ulusal sınavların yanı sıra uluslararası değerlendirmelere de başvururlar. Bu uluslararası değerlendirmeler, ülkelerin eğitimdeki başarılarını diğer ülkelerle karşılaştırmasına, mevcut sorunları tespit etmesine ve çözüm yolları geliştirmesine katkı sunar. Kerevit Optimizasyon Algoritması (KOA), doğada kerevitlerin

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atakum, Samsun, Türkiye

² Dr. Öğr. Üyesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Atakum, Samsun, Türkiye

davranışlarından esinlenerek geliştirilmiş bir metasezgisel optimizasyon tekniğidir. KOA, özellikle karmaşık ve çok boyutlu problemlerin çözümünde kullanılır ve yerel optimumdan kaçınmak için farklı arama stratejileri kullanır (Baykasoglu & Ozdemir, 2015). Algoritmanın temel bileşenleri arasında kaçarak arama, rekabetçi davranışlar ve yiyecek arama stratejileri bulunur. Kerevitlerin doğal davranışları, KOA'nın matematiksel modeline yön verir ve bu özellikler, algoritmanın verimliliğini ve uygulama başarısını etkiler (Hosseini & Sadeghi, 2017).

Kerevit Optimizasyon Algoritması (KOA), son yıllarda eğitimde başarıyı optimize etme amacıyla da kullanılmaya başlanmıştır. Eğitimde başarı, genellikle çok sayıda faktörün etkisi altında şekillenir: öğretmenlerin kalitesi, öğrenci motivasyonu, okul yönetimi, müfredat yapısı ve sosyal çevre gibi. Bu faktörler arasında en etkili olanlarının belirlenmesi ve bu faktörlerin optimizasyonu, eğitim politikalarının başarısını artırabilir. Dünya genelinde bilgi ve iletişim teknolojileri yeterliliğini ölçen önemli çalışmalardan biri, Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması (TIMSS)'dir. Bu araştırma, ülkelerin matematik ve fen alanlarındaki eğitim seviyelerini küresel ölçekte kıyaslamalarına olanak tanıyan bir değerlendirme çalışmasıdır. (Ertürk & Erdinç, 2018). Eğitimdeki başarıların küresel ölçekte değerlendirilmesi amacıyla Uluslararası Eğitim Başarılarını Değerlendirme Kuruluşu (IEA) tarafından yürütülen önemli bir çalışmadır.

TIMSS'in temel amacı, ülkeler arası eğitim sistemlerini karşılaştırarak öğrencilerin akademik başarılarını etkileyen faktörleri belirlemektir. Bu bağlamda, öğrencilere matematik ve fen bilgisi alanındaki bilgi ve becerilerini değerlendiren çeşitli sorular yönelterek kapsamlı veriler sağlar. Bu veriler, ülkelerin eğitim sistemlerini güçlendirme ve zayıf yönleri geliştirme noktasında değerli bilgiler sunar ve eğitim politikalarının iyileştirilmesi için bir rehber niteliğindedir (TIMSS, 2019). Eğitimde ölçme ve değerlendirme işlevlerinin yanı sıra, eğitim politikalarının şekillendirilmesinde de önemli bir etkidir. Dolayısıyla, bu tür büyük ölçekli değerlendirmelerden elde edilen verilerin bilimsel doğrulukla analiz edilmesi büyük önem taşır; çünkü elde edilen sonuçlar, eğitim politikalarında büyük çaplı değişikliklerle milyonlarca kişiyi etkileyebilir (Arıkan ve ark., 2020). Diğer yandan TIMSS, dünya çapındaki ülkelerde öğrenci başarısındaki değişimleri doğru ve güvenilir bir şekilde ölçmeyi amaçlayan bir programdır. Bu hedefi gerçekleştirirken, okullar, öğretmenler ve öğrenciler üzerinde olabildiğince düşük bir yük oluşturmayı amaçlamaktadır. Program, öğrenci başarısını genel nüfusu temsil edecek şekilde doğru bir biçimde tahmin edebilmek için yalnızca belirli okullardan seçilen öğrenci örneklemeleri üzerinden gerçekleştirilen titiz okul ve sınıf örnekleme yöntemleri kullanır (LaRoche ve ark., 2015). Böylece TIMSS, 64 ülkede ve 8 bölgesel değerlendirme sisteminde, dördüncü ve sekizinci sınıf öğrencileri için düzenlenmiş geniş çaplı bir eğitim araştırmasıdır. Bu bilgiler; öğrenciler, veliler, öğretmenler ve okul müdürlerinin doldurduğu anketler aracılığıyla toplanır ve ülkelerin öğrenci başarılarını zaman içindeki değişiklikler ile ev, okul ve sınıf gibi anahtar değişkenlerle ilişkilendirmelerine olanak tanır (Mullis, 2020).

TIMSS verileri, dünya çapında eğitim politikalarının karşılaştırılması için sıklıkla kullanılmaktadır. Kerevit Optimizasyon Algoritması, bu tür çok boyutlu veri setlerinde, çeşitli faktörlerin etkilerini hesaba katmak için kullanılabilir. TIMSS verilerinin analizinde, KOA'nın bu faktörleri optimize etme potansiyeli ortaya çıkmaktadır (Hassan & Nandi, 2020). KOA'nın TIMSS verileriyle kullanımı, bu faktörlerin birbirleriyle olan ilişkilerini anlamaya ve eğitimi daha verimli hale getirecek stratejiler geliştirmeye olanak sağlar. Bu, özellikle eğitim politikası yapıcılar için önemli bir rehber olabilir. Eğitimde başarıyı optimize etmek için kullanılan diğer metotlar, genellikle belirli bir faktöre veya değişkene odaklanırken, KOA gibi meta sezgisel algoritmalar, çok sayıda değişkeni bir arada ele alarak daha kapsamlı çözümler sunabilir.

2. Literatür

Jia ve arkadaşları (2023), kerevitlerin yazlık alan arayışı, rekabet ve beslenme davranışlarından esinlenerek Kerevit Optimizasyon Algoritmasını (KOA) geliştirmiştir. Algoritma, keşif ve sömürü dengesini sağlamak amacıyla sıcaklık değişimlerine dayalı üç aşamada çalışmaktadır. KOA, farklı optimizasyon problemlerinde başarılı sonuçlar elde ederek, diğer meta-sezgisel algoritmalarla rekabet edebilecek bir performans sergilemiştir (Jia ve ark., 2023). Koca (2021), TIMSS verilerini kullanarak

öğrencilerin matematik performansını etkileyen faktörleri incelemiş ve farklı optimizasyon algoritmalarının eğitim alanında nasıl kullanılabileceğini araştırmıştır. Çalışmada, öğrenci başarılarını tahmin etmek için kullanılan algoritmaların doğruluk oranları karşılaştırılmıştır. Şehribanoğlu (2024), PISA 2018 Türkiye verilerini kullanarak öğrencilerin okuma becerilerini etkileyen faktörleri belirlemiş ve Boruta algoritmasını öznetelik seçimi için kullanmıştır. Çalışma, öğrencilerin okuma becerileriyle akademik başarıları arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak değerlendirmiştir. Bak (2022), Gri Kurt Optimizasyon Algoritması'nın, PISA 2018 Türkiye verileri üzerinde matematik okuryazarlığını belirlemedeki etkinliğini lojistik regresyon yöntemiyle karşılaştırarak analiz etmiştir. Çalışma, meta-sezgisel algoritmaların eğitim verileriyle analiz süreçlerinde nasıl daha etkin kullanılabileceğini göstermektedir. Acıslı (2023), PISA 2015 verilerini kullanarak PISA 2018 fen başarı puanlarını tahmin etmek için makine öğrenimi yöntemlerini değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda, farklı algoritmaların karşılaştırılması yapılmış ve XGBoost algoritmasının en yüksek doğruluk oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Tatsuoka (2004) çalışmasında, TIMSS-R (1999) verileri kullanılarak 20 ülkeden sekizinci sınıf öğrencilerinin matematik yeterlilikleri Kural Alanı Modeli ile incelenmiştir. Öğrencilerin 23 içerik bilgisi ve işlem becerisi açısından yeterlilikleri değerlendirilmiş, ülkeler bazında karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuçlar, ülkeler arasında belirgin beceri farkları olduğunu göstermiştir. ABD'li öğrenciler bazı alanlarda başarılı bulunurken, geometri konusunda zayıf kalmışlardır. Ayrıca, geometri başarısının mantıksal akıl yürütme ve matematiksel düşünme becerileriyle güçlü bir ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Çetintav ve ark. (2022), 39 ülkede fen ve matematik derslerinde teknoloji kullanımının akademik başarıya etkisini incelemiştir. Anket verileri SPSS ve Rapid Miner yazılımlarıyla analiz edilerek, karar ağaçları algoritması uygulanmıştır. Sonuçlara göre, teknoloji kullanımı akademik performansı olumlu etkilemekte, ancak testlerin dijital ortamda uygulanmasının kayda değer bir etkisi bulunmamaktadır. Fen derslerinde teknolojinin etkisi, matematik derslerine kıyasla daha belirgin görülmüştür. Soysal (2019) çalışmasında, fen bilimleri ve matematik başarısına evdeki öğrenme materyalleri, okul öncesi eğitim ve erken çocukluk dönemi aktivitelerinin etkisini incelemiştir. TIMSS 2015 verileri ANOVA yöntemiyle analiz edilmiş, öğrenme kaynaklarının fazlalığının başarıyı artırdığı belirlenmiştir. Türkiye'de öğrencilerin evdeki öğrenme kaynakları açısından TIMSS ortalamasının altında olduğu görülmüştür. Ayrıca, okul öncesi eğitim alan öğrencilerin başarılarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Arifoğlu (2019), TIMSS 2015 Türkiye verilerini kullanarak okul değişkenlerinin öğrenci başarısına etkisini incelemiştir. HLM yöntemiyle yapılan analizde, öğrenci başarısındaki farklılıkların büyük ölçüde sosyoekonomik faktörlerden kaynaklandığı belirlenmiştir. Okulun sosyoekonomik yapısı ve akademik başarıya verilen önem, öğrenci performansı üzerinde güçlü bir etkiye sahipken, öğretim kaynakları ve öğretmen özellikleri ile başarı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Karaman (2018), TIMSS 2015 kapsamında 4. sınıf öğrencilerinin matematik ve fen bilimleri başarılarını incelemiştir. DOTBA yöntemiyle yapılan analizler, öğrenme materyalleri ve teknolojik destek olanaklarının artmasının akademik başarıyı ve öğrenci tutumlarını olumlu etkilediğini göstermiştir. Materyal ve teknolojiye erişim arttıkça başarı seviyelerinde de yükselme gözlemlenmiştir. Acar (2024), bir zihin mimarisi modeli geliştirerek, bu modelin fen ve matematik başarılarını öngörme kapasitesini değerlendirmiştir. TIMSS 2019 Türkiye verileri kullanılarak yapılan hiyerarşik regresyon analizinde, öğrenci değişkenleri ile akademik başarı arasındaki ilişkilerin modelle uyumlu olduğu görülmüştür. Sonuçlar, zihin mimarisi modelinin öğrenci başarısını anlamada güçlü ve geçerli bir araç olduğunu ortaya koymuştur.

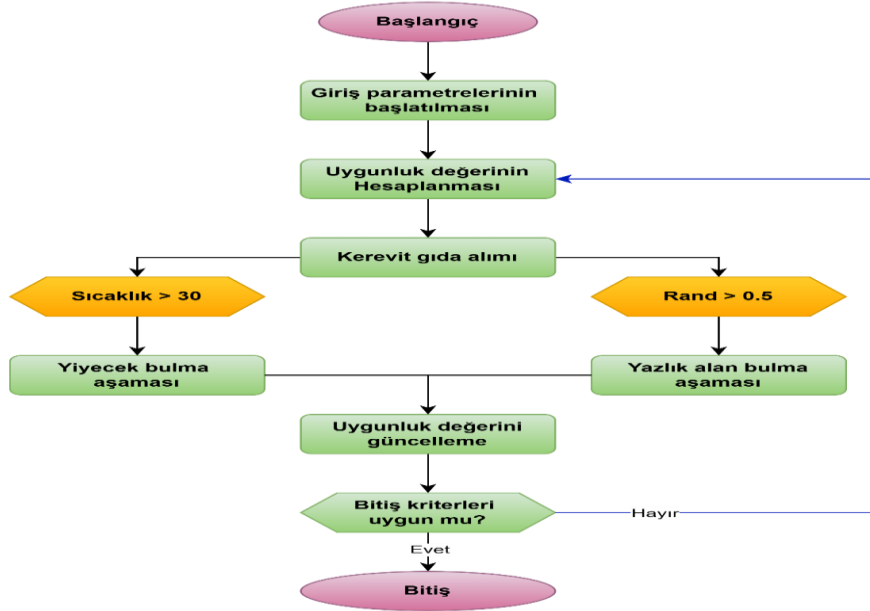
3. Materyal ve Yöntem

Gerçek dünya problemlerinin giderek karmaşıklaşması, etkin ve güvenilir optimizasyon yöntemlerine olan ihtiyacı arttırmıştır. Meta-sezgisel algoritmalar, kesin yöntemlerin uygulanmasının zor veya zaman alıcı olduğu durumlarda en iyiye yakın çözümler üretmeyi amaçlar. Başlangıçta rastgele bireylerle çözüm uzayını keşfeder ve belirli mekanizmalarla iyileştirme sürecine girer (Reeves ve diğerleri, 1993).

Bu algoritmalar, sağladıkları esneklik ve etkinlik nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Farklı sezgisel yaklaşımların birleştirilmesiyle oluşturulan meta-sezgisel teknikler, geniş kapsamlı arama stratejileriyle çözüm uzayını daha verimli tarayarak optimum sonuca ulaşmayı kolaylaştırır (Çelik ve diğerleri, 2019). Amaç, yalnızca en iyi sonucu bulmak değil, aynı zamanda en hızlı ve verimli şekilde çözüm elde etmektir (Yang ve diğerleri, 2009).

3.1. Kerevit Optimizasyon Algoritması

Kerevit Optimizasyon Algoritması (KOA), Crayfish Optimization Algorithm, (COA) bir meta-sezgisel optimizasyon algoritmasıdır. Bu algoritma, kerevitlerin bölgesel davranışları, rekabetçi tutumları ve beslenme stratejilerinden esinlenilerek geliştirilmiştir. KOA, keşif ve sömürü dengesini sağlamak amacıyla üç aşamaya ayrılmıştır: bölgesel davranış aşaması, rekabet aşaması ve beslenme aşaması. Bölgesel davranış aşaması, algoritmanın keşif sürecini ifade ederken, rekabet ve beslenme aşamaları sömürü sürecini temsil etmektedir. Keşif ve sömürü süreçleri sıcaklık faktörüyle kontrol edilir. Sıcaklık yüksek olduğunda, kerevitler mağara içinde ya barınmak için ya da aynı alan için rekabet ederler. Sıcaklık uygun seviyeye indiğinde ise, beslenme stratejileri yiyeceklerin boyutuna göre şekillenir. Algoritmanın işleyişi, kerevitlerin çevresel koşullara ve mevcut gıda kaynaklarına göre gösterdiği farklı davranışlarla paralellik taşır. Sıcaklık, kerevitlerin aktivitelerini yönlendirmede önemli bir faktör olup, bu durum KOA'daki istismar ve keşif süreçleriyle benzerlik gösterir. Kontrolü ve istismar aşamalarında sıcaklık kontrolü yaparak öngörülemezliği artırır ve küresel optimizasyon etkisi sağlar (Jia ve ark., 2023). Şekil. 1'de KOA'nın akış diyagramı sunulmaktadır.



Şekil 1: Kerevit Optimizasyon Algoritmasının Akış Diyagramı.

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

Çok boyutlu optimizasyon problemlerinde, her kerevit bireyi $1 \times dim$ boyutunda bir matris ile temsil edilir. Bu matrisin her bir sütunu, belirli bir problemin çözümünü simgeler. Her değişken (X_i) setinde ($X_{i,1}, X_{i,2}, \dots, X_{i,dim}$), değişkenlerin belirli üst ve alt sınırlar arasında yer alması gerekmektedir. Kerevit Optimizasyon Algoritması (KOA) algoritmasının başlangıç aşaması, belirli bir uzayda rastgele bir çözüm grubunun oluşturulmasıyla başlar. Bu aday çözüm grubu X , popülasyon boyutu N ve boyut dim 'e bağlı olarak belirlenir.

KOA algoritmasının başlangıç süreci aşağıda gösterilmektedir.

$$X = [X_1, X_2, \dots, X_N] = \begin{bmatrix} X_{i,1} & \dots & X_{i,j} & \dots & X_{i,dim} \\ X_{i,1} & \dots & X_{i,j} & \dots & X_{i,dim} \\ X_{i,1} & \dots & X_{i,j} & \dots & X_{i,dim} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Bu bağlamda, X başlangıç popülasyonunun konumunu, N popülasyon sayısını, $\dim$ popülasyonun boyutunu, $X_{i,j}$ ise j . boyuttaki i . bireyin konumunu temsil etmektedir. Ayrıca, $X_{i,j}$ değeri Eq'den türetilmektedir. Ezugwu ve arkadaşları, Burada lb_j, j 'inci boyut için alt sınırı; ub_j ise j 'inci boyut için üst sınırı temsil etmektedir. Ayrıca, $rand$, Ezugwu tarafından belirtilen rastgele bir sayıdır (Ezugwu et al., 2021).

$$X = lb_j + (ub_j - lb_j) \times rand. \quad (2)$$

Denklem (3), kerevitlerin yiyecek alımını matematiksel olarak göstermektedir.

$$B = C_1 \times \left(\frac{1}{\sqrt{2 \times \pi \times \sigma}} \times \exp \left(-\frac{(TEMP - \mu)^2}{2\sigma^2} \right) \right) \quad (3)$$

Kerevitin bulunduğu bölgedeki sıcaklık $TEMP$ sembolüyle temsil edilmektedir. μ , kerevitlerin tercih ettiği sıcaklık değerini göstermektedir. σ . C_1 ise farklı sıcaklık düzeylerinde kerevit alımını kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadır.

Yazlık alan bulma Aşaması- Keşif Süreci

Kerevitler için 30°C 'nin üzerindeki sıcaklıklar aşırı derecede bunaltıcıdır. Kerevitler yaz aylarında yazlık alan bulma Z_{shade} olarak adlandırılan özel bir mağarada geçirmeyi tercih ederler.

$$Z_{shade} = \frac{(Z_D + Z_I)}{2} \quad (4)$$

Bu bağlamda, Z_D , iterasyonlar süresince elde edilen en iyi pozisyonu, Z_I ise mevcut popülasyonun ideal konumunu belirtir. Mağaralar için mücadele eden kerevitler, nadir görülen ancak zaman zaman gerçekleşen bir olaydır. Eğer $rand$ değeri 0.5'in altında ise, bu durum o mağara için başka bir kerevitin rekabet etmediğini gösterir ve kerevitin yazlık alan için hemen mağaraya yerleşir. Kerevitin yaz aylarını mağarada geçirme kararı, aşağıdaki formülle belirlenir.

$$Z_{P,Q}^{T+1} = Z_{P,Q}^T + C_2 \times Rand \times (Z_{shade} - Z_{P,Q}^T) \quad (5)$$

T , mevcut iterasyonun sayısını belirtirken, $T + 1$ ise bir sonraki nesil için iterasyon sayısını ifade eder. Ayrıca, C_2 eğrisi zamanla küçülmektedir. Kerevitler, yazlık alan bulma aşamasında mağaraya ulaşmayı hedeflemektedir ve bu aşama en iyi sonucu simgeler. Bu süreç, yalnızca en iyi çözüme daha fazla yaklaşımlarını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda COA'nın (Kerevit Optimizasyon Algoritması) araştırma kapasitesini de artırır.

Mağaralar için mücadele süreci, Mağara, rastgele sayı 0.5'in altındaysa ve sıcaklık 30°C veya daha düşükse, başka kerevitlerin de ilgisini çeker. Bunun sonucunda, kerevitler mağarayı elde etmek için mücadeleye girerler.

Kerevitin mağarayı savunma şekli üzerinde etkili olan unsurlar şunlardır:

$$Z_{P,Q}^{T+1} = Z_{P,Q}^T - Z_{Y,Q}^T + Z_{shade} \quad (6)$$

Bu durumda, Y , rastgele seçilen bir kerevit bireyini ifade eder.

Kerevitler, rekabet aşamasında birbirleriyle mücadele eder ve diğer kerevitlerin bulunduğu konumlara göre kendi pozisyonlarını ayarlarlar. Bu hareket, COA'nın arama alanını genişletir ve yöntemin keşif kapasitesini artırır.

Yiyecek Arama ve Faydalanma Aşaması, Sıcaklık 30°C 'nin altına düştüğünde, kerevitler rahatça beslenebilir. Bu aşamada, yiyecek kaynağına doğru aktif bir şekilde ilerlerler. Yemek bulunduğu, kerevit yemeğin boyutunu değerlendirir. Eğer yemek büyükse, kerevit yemeği pençeleriyle parçalar ve ardından ikinci ve üçüncü yürüme bacaklarını kullanarak sırayla yer. Yiyeceğin konumu $Z_{Yiyecek}$ olarak ifade edilir.

$$Z_{Yiyecek} = Z_D \quad (7)$$

K Yemeğin büyüklüğü şu şekilde tanımlanır;

$$K = C_3 \times \text{Rand} \times (\text{fitness}_p / \text{fitness}_{\text{yiyecek}}) \quad (8)$$

Diyetle ilgili en temel etkenlerden biri. Yiyecek kaynağının uygunluk seviyesi $\text{fitness}_{\text{yiyecek}}$ ile tanımlanırken, kerevitin uygunluk seviyesi fitness_p olarak ifade edilir. Bir yiyecek parçası aşırı büyük olduğunda, $K > (C_3 + 1) / 2$ formülüyle gösterilir ve kerevit ilk pençesini kullanarak bu yiyeceği parçalara ayırır. Bu süreç aşağıdaki gibi doğru bir biçimde açıklanabilir:

$$Z_{\text{yiyecek}} = \exp\left(-\frac{1}{K}\right) \quad (9)$$

Yiyecek parçalanıp küçültüldükten sonra, besin sırasıyla 2. ve 3. pençelerle alınarak ağza yerleştirilir. Bu sırayla gerçekleşen süreci, sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının bir araya getirilmesiyle simüle etmek mümkündür. Ayrıca, kerevitin aldığı besin miktarı, tükettikleri yiyecek miktarına bağlı olarak belirlenir ve bu da aşağıdaki beslenme denkleminde yol açar: $Z_{P,Q}^{T+1} = Z_{P,Q}^T + Z_{\text{yiyecek}} \times B \times (\cos(2 \times \pi \times \text{Rand}) - \sin(2 \times \pi \times \text{Rand}))$ (10)

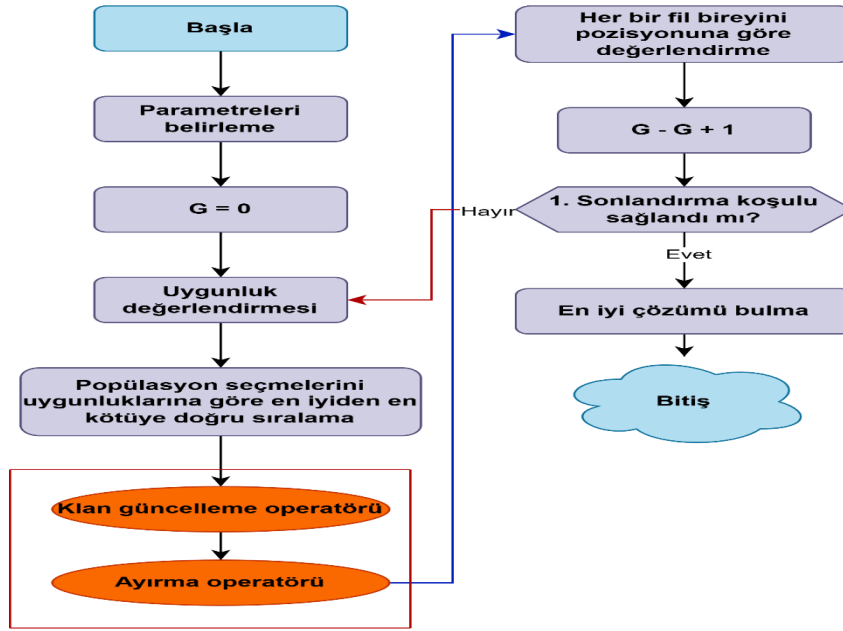
Kerevit, $K > (C_3 + 1) / 2$ olduğunda yiyeceğe yeterince yaklaşmış olur ve bu noktada Kerevit yiyeceği yemeye başlar. İlgili denklem aşağıda verilmiştir:

$$Z_{P,Q}^{T+1} = (Z_{P,Q}^T + Z_{\text{yiyecek}}) \times B + B \times \text{Rand} \times Z_{P,Q}^T \quad (11)$$

Beslenme süreci boyunca, kerevitler yemeğin miktarına göre K ile ifade edilen çeşitli yeme yöntemleri uygularlar ve Z_{yiyecek} en iyi çözümü simgeler. Kerevitler, yemeğin miktarı uygun olduğunda ilerlemeyi planlar. Ancak miktar çok fazlaysa, bu kerevit ile en uygun hareket arasında belirgin bir fark olduğunu gösterir. Bu durumda Z_{yiyecek} küçültülmeli ve yemeğe daha da yaklaştırılmalıdır. KOA, beslenme aşaması sırasında adım adım en iyi çözüme yaklaşarak algoritmanın başarılı bir şekilde yakınsamasını sağlar ve keşif potansiyelini yükseltir (Jia ve ark., 2023). Kerevit optimizasyon stratejisi, faktörü optimize etmek için uygulanır; ideal sonuç elde edilirse süreç sona erer, aksi halde adım 3'e geri dönlür.

3.2. Fil Sürüsü Optimizasyon Algoritması (FSOA).

Fil Sürüsü Optimizasyonu (FSOA), Elephant Herd Optimization Algorithm (EHO) Wang (2015) tarafından optimizasyon problemlerini çözmek amacıyla geliştirilen yenilikçi bir sürü tabanlı meta-sezgisel arama yöntemidir. Algoritma, fillerin doğal yaşamlarındaki sürü dinamiklerinden esinlenerek tasarlanmıştır. Doğada, farklı aile gruplarına mensup filler, genellikle bir dişi liderin rehberliğinde bir arada yaşarken, erkek bireyler belirli bir olgunluğa ulaştıklarında sürüyü terk etmektedir. Bu iki temel biyolojik davranış, klan güncelleme işlemi ve ayrılma işlemi olmak üzere iki aşamalı bir model ile algoritmaya uyarlanmıştır. FSOA'da, her klana ait filler, klan güncelleme işlemi aracılığıyla liderlerinin rehberliğinde mevcut konumlarını iyileştirir. Daha sonra, popülasyondaki çeşitliliği artırmayı ve küresel arama sürecini güçlendirmeyi amaçlayan ayrılma işlemi gerçekleştirilir. Bu süreç, optimizasyon sürecinde keşif ve sömürü dengesinin korunmasına yardımcı olmaktadır (Wang ve ark., 2015). Şekil 2'de Fil Sürüsü Optimizasyon Algoritmasının akış diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 2: Fil Sürüşü Optimizasyon Algoritmasının Akış Diyagramı.

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

Klan Güncelleme Operatörü: fillerin doğal davranışlarına göre, her

Boy bir matriark tarafından yönetilmektedir. Bu nedenle, her bir ci filinin konumu, matriark ci nin etkisiyle belirlenir. Boy içerisindeki ci filine ait bir j filinin konumu ise Eşitlik (12) kullanılarak belirlenebilir.

$$x_{new,ci,j} = x_{ci,j} + a \times (x_{best,ci} - x_{ci,j}) \times r \quad (12)$$

Burada $x_{new,ci,j}$ ve $x_{ci,j}$ sırasıyla fil j 'nin ci klanındaki yeni konumunu ve eski konumunu gösterir. $x_{best,ci}$ Klandaki en iyi fili temsil eden ana reis ci 'dir. $a \in [0,1]$ bir ölçek faktörünü belirtir, $r \in [0,1]$. Her klan için en iyi fil Eşitlik (15) ile hesaplanabilir. (13) burada $\beta \in [0,1]$ x'in etkisini belirleyen bir faktörü temsil eder.

$$x_{new,ci,j} = \beta \times x_{center,ci} \quad (13)$$

Burada $\beta \in [0,1]$, $x_{center,ci}$ 'nin on $x_{new,ci,j} \cdot x_{new,ci,j}$ üzerindeki etkisini belirleyen bir faktörü temsil eder. $x_{new,ci,j}$ Yeni bireydir. $x_{center,ci}$, ci klanının merkez bireyidir. d-inci boyut için eşitlik (14) ile hesaplanır.

$$x_{center,ci,d} = \frac{1}{n_{ci}} \times \sum_{j=1}^{n_{ci}} x_{ci,j,d} \quad (14)$$

Burada $1 \leq d \leq D$ ve n_{ci} klanındaki fil sayısını gösterir, $x_{ci,j,d}$ d'inci boyutu temsil eder. Fil bireyinin $x_{ci,j,d}$, $x_{center,ci}$, ci klan ci'nin merkezidir ve eşitlik (14) ile güncellenebilir.

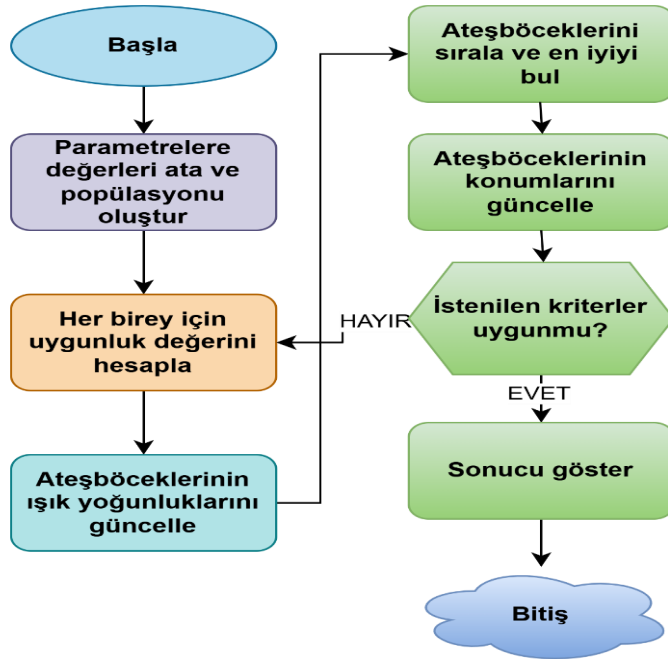
Ayırma Operatörü: Erkek fillerin aile grubundan ayrılma süreci, optimizasyon problemlerinin çözümünde bir ayrılma mekanizması olarak ifade edilebilir. Bu mekanizma, her nesilde en düşük uygunluk değerine sahip fil bireyi tarafından gerçekleştirilir ve bu durum Denklem (15) ile açıklanmaktadır.

$$x_{worst,ci} = x_{min} + (x_{max} - x_{min} + 1) \times rand \quad (15)$$

Burada x_{max} bireyin üst sınırını, x_{min} ise bireyin alt sınırını temsil etmektedir. Bireysel. $x_{worst,ci}$ klan ci'deki en kötü kişiyi gösterir. Rand $[0, 1]$ stokastik bir dağılımdır (Wang ve ark., 2015).

3.3. Ateş Böceği Optimizasyon Algoritması (ABOA)

Ateş Böceği Optimizasyon Algoritması (ABOA), Firefly Algorithm (FA), Ateşböcekleri, karanlık ortamlarda ışık yayabilme yeteneğine sahip canlılardır. Ateş Böceği (AB) Algoritması, bu böceklerin doğal davranışlarından esinlenerek geliştirilmiş bir optimizasyon yöntemidir. Bu algoritma, üç temel prensibe dayanmaktadır: Ateş böcekleri arasında cinsiyet ayrımı gözetilmez, dolayısıyla her birey diğerlerini kendine çekebilir; Daha güçlü ışık yayan ateş böcekleri, avlarını kendilerine doğru çeker ve diğer bireylerle kaynak paylaşımında bulunur; Çekicilik, parlaklıkla doğru orantılıdır, bu nedenle her ateş böceği, daha fazla ışık saçan komşusuna yönelerek hareket eder. Ateş böceklerinin besin arama mekanizmasını modelleyen ve sürü zekasına dayalı olarak küresel optimizasyon problemlerini çözmeyi amaçlayan bir yaklaşımdır. Algoritma kapsamında, bireyler yani ajanlar (ateş böcekleri), arama uzayına rastgele dağıtılır. Her ateş böceği, ışık üretimi sağlayan lusiferin maddesi sayesinde belirli bir parlaklığa sahiptir ve çevresindeki diğer ateş böcekleri tarafından bu ışık şiddetine bağlı olarak algılanır. Aralarındaki mesafe arttıkça çekicilik azalır; eğer daha parlak bir ateş böceği bulunamazsa, birey rastgele bir hareket gerçekleştirir. Başlangıç aşamasında, tüm ajanlar arama alanında rastgele bir şekilde konumlandırılmıştır. (Yang ve ark., 2009). Şekil 3'te Ateş Böceği Optimizasyon Algoritmasının akış diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 3: Ateşböceği Optimizasyon Algoritmasının Akış Diyagramı.

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

Ateş böcekleri arasında cinsiyet ayrımı yapılmaz, bu nedenle her birey diğerlerini etkileyebilir. Bir ateş böceğinin çekiciliği, yaydığı ışığın parlaklığı ile doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda, daha az parlak olan birey, daha güçlü ışık yayan bireye doğru yönelir. Parlaklık seviyesi mesafeye bağlı olarak değişiklik gösterir. Eğer iki bireyin parlaklığı aynı seviyede ise, rastgele bir hareket gerçekleşir. Parlaklık değeri, uygunluk (hedef) fonksiyonu tarafından belirlenir. En yüksek parlaklığa sahip birey, en iyi çözümü temsil eden birey olarak değerlendirilir.

$$I(r) = I_s / r^2 \quad (16)$$

Bir ortamda ışık yayılımı gerçekleşirken, belirli bir oranda emilime uğrar. Bu nedenle, sabit bir ışık emilim katsayısı (γ) göz önüne alındığında, ilgili denklem elde edilir. Burada, $I_0, r = 0$ durumundaki ışık kaynağının başlangıç şiddetini ifade eder. Tanımsızlık oluşmasını engellemek amacıyla mesafe yaklaşık olarak Gauss dağılımı kullanılarak modellenenir.

$$I(r) = I_0 e^{-\gamma r^2} \quad (17)$$

Bu doğrultuda, ateş böceğinin çekiciliği ile belirlenmektedir. Çekicilik değeri, iki birey arasındaki mesafeye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. B_0 , bir ateş böceğinin, kendisine en yakın konumda bulunan diğer bir ateş böceğine $r = 0$ uyguladığı çekim miktarını ifade eder. $B(r)$ İse, başlangıç çekicilik değeri B_0 olan bir ateş böceğinin, r mesafesinde oluşturduğu çekicilik miktarını göstermektedir.

$$B(r) = B_0 e^{-\gamma r^2} \quad (18)$$

i ve j iki ateşböceği ve iki boyutlu düzlemde sırasıyla konumları $X_i (x_i, y_i)$ ve $X_j (x_j, y_j)$ aralarındaki mesafe (r_{ij}) Öklid bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$r_{ij} = \|x_i - x_j\| = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (19)$$

Böylece daha çekici ve parlak (j) olana doğru yönelmiş bir ateşböceğinin (i) yeni (X_i) denklem 5'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$X_i = X_i + B_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (X_j - X_i) + \alpha (rand - \frac{1}{2}) \quad (20)$$

Eşitlikteki, $\alpha \in [0,1]$ aralığında sabit bir değer alan katsayı parametresidir, rand ise $[0,1]$ arasında rastgele bir değer almaktadır. B_0 İse temel cazibe katsayısı olup genellikle $B_0 = I$ olarak değer almaktadır (Yang ve ark., 2009).

4. UYGULAMA

Kerevit Optimizasyon Algoritması (KOA) uygulamasında, amaç fonksiyonu algoritmanın çözmeye çalıştığı problemi matematiksel bir şekilde temsil eder. Eğitimde başarıyı optimize etmek amacıyla KOA uygulandığında, amaç fonksiyonu, eğitim sistemindeki başarıyı artıran faktörleri göz önünde bulundurarak en iyi çözümü arayan bir fonksiyon olmaktadır. Öğrencilerin matematik ve fen derslerindeki başarıları, amacı belirleyen temel unsurdur. Bu başarılar, test sonuçları, ödev performansı, öğretmen değerlendirmeleri ve okul içi başarılar gibi çeşitli ölçütlerle ölçülebilir. Öğretmenlerin nitelikleri, deneyimleri, pedagojik becerileri ve öğretim yöntemleri başarıyı etkileyen önemli faktörlerdir. Bu faktörlerin etkisini optimize etmek gerekebilir. Okulun fiziksel altyapısı, materyalleri ve eğitim teknolojileri, öğrencilerin öğrenme başarılarını doğrudan etkileyebilir. Öğrencilerin sosyoekonomik durumu, aile desteği ve okul dışı koşullar da eğitimdeki başarıyı etkileyen önemli değişkenlerdir. Okul müdürlerinin liderlik özellikleri, okulun genel yönetim kalitesi ve stratejik planlama da öğrencilerin başarılarını etkileyebilir.

Amaç fonksiyonu, yukarıdaki faktörleri birleştirerek, eğitimde başarıyı en üst düzeye çıkarmayı hedefleyen bir fonksiyon şeklinde yazılabilir. Bu faktörleri genelleştirilmiş bir şekilde ifade edersek:

$$f(x) = w_1 S(x) + w_2 T(x) + w_3 A(x) + w_4 E(x) + w_5 M(x)$$

Burada:

$f(x)$: Eğitimde başarıyı temsil eden amaç fonksiyonu.

$S(x)$: Öğrencilerin başarıları (Öğrenci başarıları, sınav sonuçları, öğretmen değerlendirmeleri vb.).

$T(x)$: Öğretmen faktörleri (Öğretmenlerin deneyimi, eğitim düzeyi, pedagojik beceriler vb.).

$A(x)$: Okul altyapısı (Okulun fiziki durumu, öğretim materyalleri, teknolojik altyapı vb.).

$E(x)$: Sosyoekonomik faktörler (Öğrencilerin sosyoekonomik durumu, aile desteği vb.).

$M(x)$: Okul yönetimi faktörleri (Okul müdürlerinin liderlik özellikleri, okul yönetiminin stratejileri vb.).

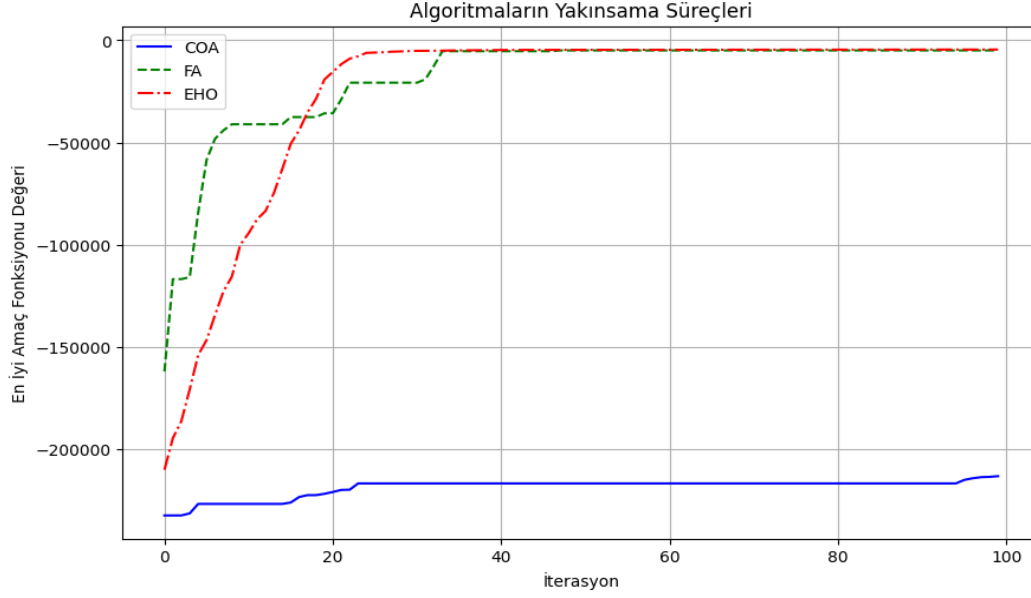
Tablo 1. Değişkenler ve Açıklamaları.

Öğretmenlik kıdemi
ATBG01: Akademik başarıda okulun etkisi
ATBGEAS: Okulun güvenli ve düzenli olması
ATBGSOS: Öğrenci ihtiyaçları ile sınırlandırılmış öğretim
ATBGLSN: Evdeki eğitim kaynakları
ACBGMRS: Matematik öğretim kaynağı ile öğretim sıkıntısı
ACBGSRS: Fen bilimleri öğretim kaynağı ile öğretim sıkıntısı
ACBGEAS: Akademik başarıda okulun etkisi
ACBGDAS: Okul disiplin problemleri
Ortalama Matematik Başarısı
Ortalama Bilim Başarısı

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

w_1, w_2, w_3, w_4, w_5 : Bu faktörlere verilen ağırlıklar. Her bir faktörün eğitimde başarıya olan katkısı farklı olabilir, bu yüzden her bir bileşene farklı ağırlıklar verilmesi gerekebilir ve Kerevit Optimizasyon Algoritması ile optimize edilecektir. KOA, başlangıçta verilen ağırlıkları optimize ederek ideal değerleri bulunur. Matematik ve Fen skorunu maksimize eden ağırlıklar elde edilir. Tablo 1’de çalışmada kullanılan değişkenler gösterilmektedir.

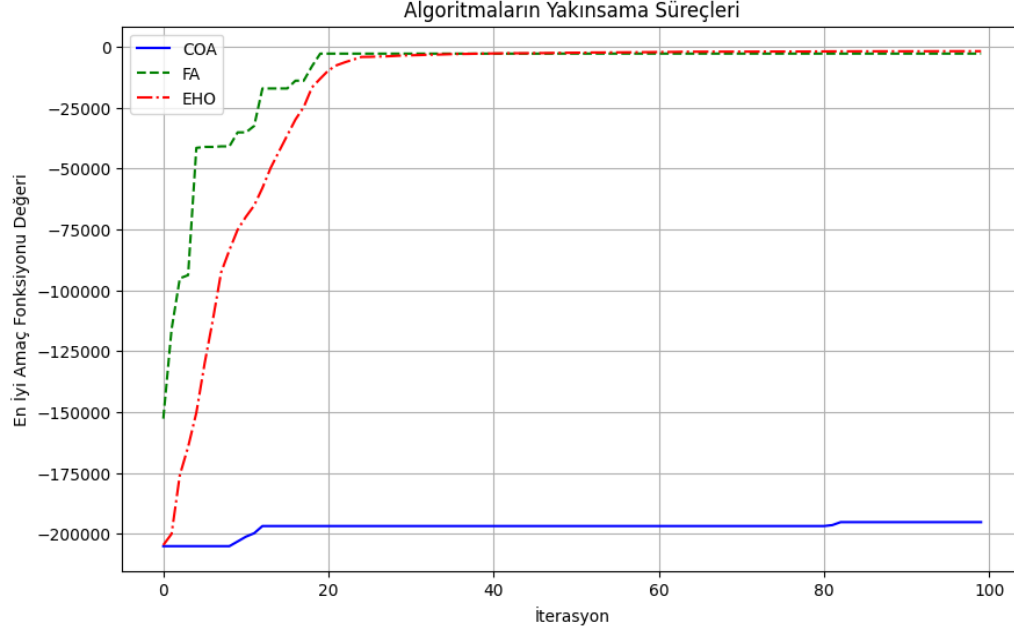
KOA, başlangıçta 212685.19691 gibi bir skor ile başlamakta ve optimizasyon süreci sonucunda 216511.9491 gibi bir değere ulaşmaktadır. Bu, algoritmanın çözüm bulurken belirli bir iyileştirme sağladığını ve kısa sürede sonuçlandığını gösterir. 0.0371 saniye, algoritmanın çok hızlı çalıştığını ve çözümü hızlıca bulduğunu göstermektedir. FA, başlangıçta 4837.37123 olan bir skorla başlamakta ve 5191.4075'e kadar iyileşmektedir. Ancak, sonuçlar biraz daha düşük skora ulaşmış gibi görünüyor. Ayrıca, süre açısından da önemli bir fark var: 1.171 saniye, KOA'ya göre çok daha uzun bir süre. Bu, FA algoritmasının çözüm bulma sürecinin daha uzun olduğunu, ancak yine de çözümde bir iyileşme sağladığını gösteriyor. EHO, başlangıçta 4525.52627 olan bir skorla başlamakta ve 4527.7032'ye kadar yükselmektedir. Bu iyileştirme, KOA ve FA'ya kıyasla daha azdır. Ancak, süresi 0.0753 saniye ile KOA'ya oldukça yakın. Bu, EHO algoritmasının da hızlı çalıştığını, ancak diğer algoritmalarla karşılaştırıldığında daha küçük bir iyileşme sağladığını gösteriyor. KOA, en yüksek sonuca ulaşan algoritmadır (216511.9491), diğer iki algoritmadan daha iyi performans göstermektedir. FA, KOA'ya göre daha düşük bir sonuca (5191.4075) ulaşmıştır ve dolayısıyla bu noktada daha az etkili olmuştur. EHO, KOA ve FA'ya göre en düşük skora sahiptir (4527.7032), bu da onun çözüm kalitesinin diğerlerinden daha düşük olduğunu gösteriyor. KOA en hızlı algoritmadır (0.0371 saniye), bu da onu büyük ölçekli problemlerde hızlı çözümler için tercih edilebilir kılmaktadır. Şekil 4'te matematik skorları yakınsama süreçleri ve performans göstergeleri gösterilmektedir.



Şekil 4: Matematik skorları yakınsama süreçleri ve performans göstergeleri.

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

Şekil 4'te fen skorları yakınsama süreçleri ve performans göstergeleri gösterilmektedir. KOA, başlangıç skoru 184561.9495 olan bir çözümle başlıyor ve 185195.2474'e kadar bir iyileşme sağlıyor. Bu iyileşme, algoritmanın fen dersindeki başarıyı artırmak için etkili bir şekilde çalıştığını gösteriyor. Aynı zamanda KOA'nın süresi sadece 0.0334 saniye, bu da çok hızlı bir çözüm bulma süresine sahip olduğunu gösteriyor. FA, başlangıçta 2825.6694 olan bir skorla başlıyor ancak 2634.2394 gibi daha düşük bir sonuca ulaşıyor. Bu, FA algoritmasının fen başarıları üzerinde istenilen iyileştirmeyi sağlamadığını gösteriyor. Aynı zamanda FA'nın süresi 1.2185 saniye ile çok daha uzun, bu da FA'nın daha uzun sürede ve daha düşük bir iyileştirme ile sonuçlandığını gösteriyor. EHO, başlangıç skoru 1849.6091 olan bir çözümle başlıyor ve 1841.1898'e kadar küçük bir iyileşme sağlıyor. Bu küçük iyileşme, EHO algoritmasının fen başarılarını çok fazla artırmadığını gösteriyor. Ancak, EHO'nun süresi 0.0803 saniye ile oldukça hızlıdır, ancak yine de KOA'ya kıyasla daha uzun bir süre harcamaktadır. KOA hem en yüksek iyileşmeyi sağlamakta hem de en hızlı sonucu elde etmektedir. Fen başarısının optimizasyonunda en etkili algoritma olarak öne çıkmaktadır. FA ve EHO'nun skorları daha düşük olmakla birlikte, EHO daha hızlı bir çözüm süresi sunmuştur, ancak yine de KOA'nın performansını geçememektedir. Şekil 5'te fen skorları yakınsama süreçleri ve performans göstergeleri gösterilmektedir.



Şekil 5: Fen skorları yakınsama süreçleri ve performans göstergeleri.

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

5. Sonuç ve Öneriler

KOA, iterasyonlar boyunca en yüksek amaç fonksiyonu değerine ulaşma yeteneği ile öne çıkmaktadır. Özellikle maksimum değeri bulma kabiliyeti açısından güçlüdür. KOA'nın derin bir maksimum arayışı diğer algoritmalarla göre daha güçlü bir yön olarak ortaya çıkmaktadır. Bu algoritma, genellikle daha yavaş bir iyileşme göstermesine rağmen, iterasyonlar ilerledikçe sürekli olarak en yüksek skoru elde etmeye odaklanarak daha doğru sonuçlar verir. Bu durum, KOA'nın yavaş yakınsama sürecine rağmen daha derin çözümler sunduğunu ve genel olarak daha sağlam sonuçlar elde ettiğini gösterir.

TIMSS verileri, büyük ve karmaşık veri kümeleri içerir. TIMSS verilerinde KOA kullanılarak yapılan analizler, eğitim politikaları açısından önemli avantajlar sağlayabilir. Algoritmalar, bu tür veri setlerinde optimum sonuçlar elde etmek için kullanılabilir. KOA algoritmasının üstün performansı, TIMSS gibi büyük veri setlerinde daha hızlı ve doğru analiz yapma potansiyelini gösterir. Bu, eğitim politikalarının şekillendirilmesinde daha iyi kararlar alınmasına katkı sağlayabilir. KOA'nın TIMSS verilerinde kullanılabileceği, özellikle karmaşık öğrenci performans modellerinde daha doğru sonuçlar üretebileceği düşünülmektedir. Bu, özellikle düşük performans gösteren öğrenci gruplarını belirleme ve onların ihtiyaçlarına yönelik çözümler geliştirme açısından önemlidir. TIMSS verilerinin analizi sonucunda elde edilen bulgular, ülkelerin eğitim sistemlerindeki eksiklikleri ortaya çıkarabilir. Bu bağlamda, algoritmaların doğru kullanımı, veri analizi süreçlerini hızlandırarak politika yapıcıların daha etkin kararlar almasını sağlayabilir.

KAYNAKLAR

- Acar, M. (2024). Bir Zihin Mimarisi Modelinin Öğrencilerin Fen Bilimleri Ve Matematik Başarılarını Yordama Durumunun İncelenmesi: TIMSS 2019 Sınavı. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3(1), 1-12.
- Acıslı-Celik, S., & Yesilkanat, C. M. (2023). Predicting science achievement scores with machine learning algorithms: a case study of OECD PISA 2015–2018 data. *Neural Computing and Applications*, 35(28), 21201-21228.
- Arıkan, S., Özer, F., Şeker, V., & Ertaş, G. (2020). The importance of sample weights and plausible values in large-scale assessments. *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, 11(1), 43-60.
- Arifoğlu, A. (2019). Öğrenci başarısına okul etkisinin araştırılması: TIMSS 2015 Türkiye verisine göre çok düzeyli bir analiz.
- BAK, E. N., & ŞEHRİBANOĞLU, S., (2022). PISA Matematik Okuryazarlığının Gri Kurt Optimizasyon Algoritması İle Performans Değerlendirmesi . TRB2 ULUSLARARASI EĞİTİM BİLİMLERİ KONGRESİ (pp.16). Van, Turkey
- Baykasoglu, A., & Ozdemir, M. (2015). Kerevit Optimizasyon Algoritması: Temeller ve Uygulamalar. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 4(3), 102-110.
- Çelik, Y., Yıldız, İ., & Karadeniz, A. T. (2019). Son Üç Yılda Geliştirilen Metasezgisel Algoritmalar Hakkında Kısa Bir İnceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 463-477.
- Çetintay, G., Tot, E. A., & Yılmaz, R. (2022). Derste teknoloji kullanımının TIMSS 2019 sonuçlarına etkisinin veri madenciliği ile analizi. *Bilgi ve İletişim Teknolojileri Dergisi*, 4(1), 26-43.
- Ezugwu, A. E., Shukla, A. K., Nath, R., Akinyelu, A. A., Agushaka, J. O., Chiroma, H., & Muhuri, P. K. (2021). Metaheuristics: a comprehensive overview and classification along with bibliometric analysis. *Artificial Intelligence Review*, 54, 4237-4316.
- Hassan, R., & Nandi, A. (2020). Optimization of Educational Performance using Metaheuristic Algorithms: A Case Study of TIMSS 2019. *Journal of Educational Data Mining*, 12(1), 45-62.
- Hosseini, M., & Sadeghi, H. (2017). Improving Crawling Optimization Algorithm using Hybridization Techniques. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 129(4), 299-317.
- Jia, H., Rao, H., Wen, C., & Mirjalili, S. (2023). Crayfish optimization algorithm. *Artificial Intelligence Review*, 56(Suppl 2), 1919-1979.
- Karaman, E., & Çılan, Ç. A. (2018). ULUSLARARASI MATEMATİK VE FEN EĞİLİMLERİ ARAŞTIRMA (TIMSS) SINAVININ OPTİMAL ÖLÇEKLEME TEKNİKLERİ İLE ANALİZİ. TURAN: Stratejik Arastirmalar Merkezi, 10(38), 122-127.
- Koca, B. (2021). Implementation of different algorithms in linear mixed models: case studies with TIMSS (Master's thesis, Middle East Technical University).
- LaRoche, S., & Foy, P. (2015). Sample design in TIMSS Advanced 2015. *Methods and procedures in TIMSS Advanced*, 3-1.
- Mullis, I. V., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020, December). TIMSS 2019 international results in mathematics and science.
- Reeves, C. R. (Ed.). (1993). *Modern heuristic techniques for combinatorial problems*. John Wiley & Sons, Inc..
- Sağlam, Z., Pekyürek, M. F., & Yılmaz, R. (2020). PISA 2018 araştırmasına etki eden duygusal faktörlerin veri madenciliği yöntemleri ile incelenmesi. *Bilgi ve İletişim Teknolojileri Dergisi*, 2(2), 113-148.

- Soysal, S. (2019). EVDEKİ ÖĞRENME KAYNAKLARI VE OKUL ÖNCESİ EĞİTİM ALMANIN TIMSS 2015 MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ. *Academy Journal of Educational Sciences*, 3(2), 101-113.
- Şehribanoğlu, S. (2024). Determination of Variables Affecting Reading Skills Using the Boruta Algorithm in a Turkish Sample from the PISA 2018. *Journal of Faculty of Educational Sciences*, 57(2).
- Tatsuoka, K. K., Corter, J. E., & Tatsuoka, C. (2004). Patterns of diagnosed mathematical content and process skills in TIMSS-R across a sample of 20 countries. *American educational research journal*, 41(4), 901-926.
- TIMSS, M. (2019). Türkiye Ön Raporu. Eğitim analiz ve değerlendirme raporları serisi, (15).
- Wang, G. G., Deb, S., & Coelho, L. D. S. (2015, December). Elephant herding optimization. In 2015 3rd international symposium on computational and business intelligence (ISCBI) (pp. 1-5). IEEE.
- Yang, X. S. (2009, October). Firefly algorithms for multimodal optimization. In International symposium on stochastic algorithms (pp. 169-178). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Ceren Börüban¹ 

How to Cite This Article

Börüban, C. (2025).
“Ekonomi ve İnovasyon
Göstergelerinin Yeşil
Gelecek Üzerindeki
Etkisinin Yapısal Eşitlik
Modeli ile
Değerlendirilmesi” IQR
Journal of Applied
Statistics in Social
Science, (e-ISSN:3062-
3871) Vol:2, Issue:1;
pp:23-38.

Arrival: 01 June 2025
Published: 01 August
2025

EKONOMİ VE İNOVASYON GÖSTERGELERİNİN YEŞİL GELECEK ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN YAPISAL EŞİTLİK MODELİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

*Evaluation of the Impact of Economic and Innovation Indicators on the
Green Future Using Structural Equation Modeling*

ÖZET

Yeşil geleceğin oluşturulmasında ekonomik faktörlerle inovasyonun ilişkisi büyük önem taşımaktadır. Bu ilişki, sürdürülebilir bir gelecek için ekonomik yapıların inovatif yaklaşımlarla birleşmesini ve çevresel etkilerin minimize edilmesini hedeflemektedir. Yeşil ekonominin gelişmesi, ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasında bir denge kurmayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, yeşil gelecek üzerinde ekonomik ve inovasyon göstergelerinin etkisini değerlendirmek üzere odaklanmıştır. Araştırma kapsamında yapısal eşitlik modeli kullanılmış ve rakip stratejileri içeren iki ana model karşılaştırılmıştır. 76 ülkeden oluşan bir örneklem grubu üzerinde bu modellerin etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, yeşil geleceğin oluşturulmasında bu faktörlerin ve modellerin rolünü anlamada önemli bir adım sağlamaktadır. İnovasyonun ulusal gelire olan etkisinin anlamlı olduğu, inovasyon ve ulusal gelirin enerji dönüşümüne olan etkisinin ise anlamsız olduğu bulunmuştur. Bu durumun enerji dönüşümünde önemli rol oynayan biyoyakıtların klasik/yeni nesil olarak ayrılmamış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışma, inovasyonun çevresel sürdürülebilirlik politikalarına olan etkisinin varsayıldığı kadar belirleyici olmayabileceği yönünde eleştirel bir görüş sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik büyüme, İnovasyon, Yeşil gelecek, Yapısal eşitlik modeli.

ABSTRACT

Economic factors and innovation are of great importance in the construction of a green future. This relationship aims to combine economic structures with innovative approaches to minimize environmental impacts for a sustainable future. The development of the green economy seeks to establish a balance between economic growth and environmental sustainability. This study focuses on evaluating the impact of economic and innovation indicators on the green future. Within the scope of the research, a structural equation model was employed, and two main models incorporating competing strategies were compared. The effects of these models were examined on a sample group consisting of 76 countries. The findings provide a significant step in understanding the role of these factors and models in shaping a green future. It was found that the effect of innovation on national income is statistically significant, while the effects of innovation and national income on energy transition were found to be statistically insignificant. This outcome is thought to be due to the fact that biofuels, which play an important role in energy transition, were not classified as conventional or next-generation. The study offers a critical perspective suggesting that the impact of innovation on environmental sustainability policies may not be as decisive as commonly assumed.

¹Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Topkapı Üniversitesi, Ekonomi (İngilizce) Bölümü, ORCID: 0000-0001-5189-7688,
cerenboruban@topkapi.edu.tr

Keywords: Economic growth, Innovation, Green future, Structural equation model.

1.Giriş

Toplumsal refah ile yakından ilişkili bir kavram olan ekonomik büyüme, kişi başına düşen reel gayri safi hasılanın düzenli olarak artış göstermesi şeklinde tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, ülkeler gelişmiş, gelişmekte hatta az gelişmiş olsalar bile küresel boyutta temel amaç yüksek, hızlı ve sürdürülebilir olan bir iktisadi büyüme sağlamaktır. Bununla beraber, ülkelerin ekonomik performanslarını etkileyen birçok faktör olduğu literatürde yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. Söz konusu araştırmalardan elde edilen sonuç ekonomik performansın etkilenmesinde en etkin faktörün “bilgi temelli inovasyon” olduğu gözlemlenmiştir (OECD, 2007; Gülmez ve Akpolat, 2014; Elverdi ve Atik, 2021).

Hasan ve Tucci (2010) ekonomik göstergeleri etkileyecek bir dizi faktör olduğunu belirtmişlerdir. Bilginin girdi olarak kullanılmasının (Grossman ve Helpman, 1994) özellikle teknolojik ilerleme ve endüstriyel inovasyonda ilerlemeler uzun vadeli büyümeyi yönlendiren faktör olduğu öne sürülmektedir.

İnovasyonun, ekonomi için önemli bir konu olması Schumpeter’in (1932) zamanlarından beri süre gelen durumdur. Schumpeter, endüstriyel inovasyon ile ekonomik büyüme arasında daha makro düzeyde bir ilişki olduğunu ileri sürmüştür (Freeman ve Soete, 1997). Bugünün ekonomik büyümesinin itici gücünün teknolojik ilerleme ve bunun getirdiği inovasyonlar olduğu açıktır. İnovasyon, ekonomik gelişmenin temel koşulu olmakla kalmayıp aynı zamanda şirketlerin ve devletlerin rekabet mücadelesinde kritik bir unsur olarak da öne çıkmaktadır (Barış, 2022: 708).

İnovasyon kavramının literatürde birçok tanımı olmakla beraber Broughel ve Thierer (2019), inovasyonun, (1) maliyetleri azaltma, (2) kalite iyileştirme (3) mal, hizmet ve üretim yöntemlerinin çeşitliliğinde artışlar gerçekleştirme şeklinde üç temel formu olduğunu belirtmişlerdir.

İnovasyon, ekonomik büyüme üzerinde çeşitli etkileri olan kritik bir faktördür. İnovatif gelişmeler, iş süreçlerinde ve üretimde verimliliği artırarak ekonomik büyümeye katkıda bulunabilir. Yenilikçi firmalar, rekabet avantajı elde ederek pazar paylarını artırabilir ve yeni istihdam olanakları yaratabilir. Ayrıca, inovasyon yeni pazarlara açılma ve gelir kaynakları oluşturma potansiyeli sunar.

İnovasyon, eğitim ve beceri gelişimi yoluyla insan sermayesini artırabilir ve toplumsal refahı iyileştirerek yaşam kalitesini artırabilir. Uzun vadeli perspektifte ise sürekli inovasyon, ekonominin sürdürülebilir büyüme potansiyelini artırabilir. Ancak, bu etkilerin tam anlamıyla gerçekleşmesi için ekonomik politikalar, eğitim sistemleri ve altyapı gibi destekleyici faktörlerin bir araya gelmesi önemlidir. Ayrıca, inovasyon ve teknolojiye yapılan harcamalardaki artış, rekabetçiliği ve ilerlemeyi sağlamanın ön koşullarıdır. Bu unsurlar aracılığıyla sürdürülebilir bir ekonomik büyüme elde edilebilir (Pece, Simona ve Salisteanu, 2015: 462).

İnovasyon ve ekonomik göstergeler, yeşil gelecek üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. İnovasyon, çevre dostu teknolojilerin ve süreçlerin geliştirilmesine olanak sağlayarak, doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını ve çevresel etkilerin azalmasına yardımcı olmaktadır. Söz konusu duruma, temiz enerji teknolojileri ve enerji verimliliği çözümleri, fosil yakıtların yerine geçerek karbon emisyonlarını düşürülmesi örnek gösterilebilir.

Günümüzde, doğal kaynakların sınırlı olduğu gerçeği, çevrenin korunması ve sürdürülebilirlik konularını ön plana çıkarıyor. Bu durum, insanlığın ilerlemesinde ve kalkınmasında sadece ekonomik göstergelere

bağlı kalmasının önüne geçerek yeşil bir gelecek için çevreyle uyumlu politikaların oluşturulması, inovatif adımların atılması ve uygulanmasını gerektirmektedir (Kuşat, 2013: 4898).

Ekonomik göstergeler, sürdürülebilirlik ve yeşil ekonomiye yönelik politikaların başarısını ölçülmesinde araştırmacılara yardımcı olmaktadır. Yeşil iş alanlarındaki büyüme, temiz enerji sektöründeki yatırımlar ve çevresel bilincin artması gibi faktörler, ekonomik kalkınma ile çevresel koruma arasında olumlu bir denge kurulmasına katkıda bulunmaktadır. Sonuç olarak, inovasyon ve ekonomik göstergelerin yeşil geleceğe etkisi, çevre dostu teknolojilerin benimsenmesi ve sürdürülebilir iş modellerinin teşvik edilmesi yoluyla hem ekonomik büyümeye hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilecek bir potansiyeli içerir.

Yeşil geleceğin şekillenmesinde inovasyon ve ekonomik göstergeler önemli bir rol oynamaktadır. Bu iki faktör, ülkelerin, dünya çapındaki kuruluşların ve küresel şirketlerin sürdürülebilirlik politikalarının temel taşlarıdır. İnovasyon, çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi ve yeşil uygulamaların benimsenmesi konusunda bir katalizör işlevi görmekte, bu da yeşil geleceğin oluşturulmasında önemli bir faktör haline gelmektedir. Ekonomik göstergeler ise, çevresel sürdürülebilirlikle ekonomik büyüme arasındaki dengeyi sağlama açısından belirleyici bir rol oynamaktadır. Yeşil ekonominin gelişimi için ekonomik istikrar ve yeşil teknolojilere yönelik yatırımların artırılması gereklidir. Bu noktada, inovasyon ve ekonomik göstergeler arasındaki ilişki, yeşil geleceğin şekillenmesinde kilit bir faktördür.

Bu çalışma, çok ülkeli verilerle ve yapısal eşitlik modellemesi (YEM) çerçevesinde inovasyon ve ekonomik büyümenin yeşil ekonomiye geçiş üzerindeki etkisini analiz ederek literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Mevcut literatürde inovasyonun ekonomik büyüme üzerindeki etkisine veya çevresel sürdürülebilirliğe katkılarına odaklanan çok sayıda çalışma bulunmaktadır; ancak özellikle yeşil enerji dönüşümü bağlamında bu iki alanı birlikte inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır. Ayrıca, çok ülkeli karşılaştırmalı analizlerde enerji dönüşümü göstergeleri ile inovasyon arasındaki ilişkiyi doğrudan inceleyen çalışmalar nadirdir. Bu açıdan, bu araştırma hem teorik hem de politika uygulamalarına katkıda bulunmakta; enerji dönüşümünün yalnızca teknolojik gelişmeyle değil aynı zamanda göstergelerin tanımı ve kapsamlılığıyla da yakından ilişkili olduğunu göstermeyi amaçlamaktadır.

Çalışmanın giriş bölümünden sonra ikinci bölümünde yeşil gelecek, inovasyon ve ekonomik büyüme kavramlarının açıklandığı Kavramsal Çerçeve bölümü yer almaktadır. Üçüncü bölümde ekonomik, inovasyon ve yeşil gelecek arasındaki karşılıklı ilişkileri araştıran literatür çalışmalarına yer verilmiştir. Materyal ve metot kısmının anlatıldığı dördüncü bölümden sonra çalışmanın ampirik sonuçları beşinci bölümde yer almaktadır. Son olarak altıncı bölümde analiz sonucunda elde edilen bulguların yorumlandığı sonuç kısmı yer almaktadır.

2.Kavramsal Çerçeve

Endüstri devriminden sonra, teknolojik ilerlemeler, hızla artan nüfus, ekonomik büyüme ve tüketimin artmasının etkisiyle, "yeşil gelecek" kavramı önem kazanmıştır. Geçmişten günümüze doğal çevre geri dönülemez şekilde zarar görmüş ve sınırsız kaynaklar savurganlık yapılarak tüketilmiştir. Günümüzde, çevre sorunları, özellikle iklim değişikliği, insanlık için büyük bir zorluk haline gelmiştir. Bu durum, uluslararası kuruluşları, sivil toplum örgütlerini ve devletleri sürdürülebilirlik politikalarıyla çevrenin korunması, kaynakların verimli kullanımı ve gelecek kuşakların yaşam standartlarının iyileştirilmesi için harekete geçmeye itmiştir.

Sürdürülebilir çevre politikaları, çevrenin korunması, adil kaynak kullanımı, ekonomik gelişme ile doğal denge arasında bir denge kurmayı hedeflemektedir. Bu politikalar, daha iyi bir gelecek için bugünden harekete geçmeyi ve çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan dengeli bir yaşamı teşvik etmektedir.

Devletlerin ekonomi politikalarının merkezinde, vatandaşlarına daha iyi bir yaşam sunabilmek ve sürdürülebilir refahı sağlamak yer almaktadır. Bu bağlamda inovasyon, sanayi ve yeşil gelecek sürdürülebilir kalkınmada önemli bir rol oynamaktadır. Ülkeler arasındaki karşılaştırmalar, gelişmiş ülkelere göre gelişmekte olan ülkelere yeniliklerin ve teknolojik ilerlemelerin aktarıldığını gösterir. Ancak, bu değişim süreci, bilgi birikimi, tecrübe ve önceden oluşturulmuş bir altyapı gerektirmektedir. Bununla beraber, teknolojik ilerlemeler, inovasyon faaliyetleri ve bununla ilişkili olarak ekonomik kalkınma

uğruna doğal kaynaklarda meydana gelen tahribat, gelecek nesiller için yaşanabilecek bir dünya bırakma noktasında çelişkiler oluşmaktadır. Tüketim süreçleri boyunca, doğal kaynakların sınırsız olduğu düşüncesi, birçok ekonomik yaklaşım tarafından kabul edilmiş ve ekonomik büyüme sürecinin doğal kaynaklar ile çevre üzerindeki potansiyel etkileri genellikle göz ardı edilmiştir. Özellikle 1950'ler ve 1960'larla birlikte başlayan bir dönem, çevresel sorunlara odaklanarak farkındalığı artırmıştır (Özçağ ve Hotunluoğlu, 2015).

Bu kapsamda, kalkınmanın sürdürülebilir şekilde gerçekleştirilmesi, çevreye olan olumsuz etkilerin en aza indirilmesi, biyoçeşitliliğin korunması ve gelecek kuşaklara kaynakların aktarılması gibi konular, gelecekteki dünyanın çerçevesinde ele alınmaktadır. Yeşil gelecek tarım, toplu taşıma, iklim krizi, yenilenebilir enerji ve ekonomik kalkınma çok farklı alanlarda ele alınarak bu konuyla ilgili politikalar ileri sürülmektedir (Latruffe vd., 2016; Owusu ve Asumadu-Sarkodie, 2016; Miller vd. 2016; Hammer ve Pivo, 2017; Aytekin, 2022). Öte yandan, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nün (Massachusetts Institute of Technology) dergisi olan MIT Teknoloji İncelemesi tarafından tanımlanan yeni bir endeks son yıllarda öne çıkmıştır.

MIT Teknoloji İncelemesi tarafından tanımlanıp derlenen Yeşil Gelecek Endeksi (Green Future Index), bir ülkenin sürdürülebilir düşük karbonlu bir gelecek oluşturma yeteneğini göstermektedir. Bu endeks, bir ülkenin ekonomisinin temiz enerji, tarım, endüstri ve toplum açısından tam sürdürülebilirliğe doğru ne ölçüde ilerlediğini ölçer. Bu ilerleme, yenilenebilir enerji yatırımları, yeşil sektördeki yenilikler ve çevre politikaları gibi somut adımlarla sağlanır. Yeşil Gelecek Endeksi, 76 önde gelen ülke ve bölgenin düşük karbonlu bir gelecek inşa etme konusundaki ilerleme ve taahhütlerini sıralayan bir endekstir. Endeks, ekonomilerinin yenilenebilir enerji, yenilik ve yeşil finansman yoluyla temiz enerji, endüstri, tarım ve toplum konusunda ne kadar dönüştüğünü ölçmektedir. Endeks 0 ile 10 arasında değer almaktadır. Endeks değerinin yüksek olması sürdürülebilirliği ortaya koymaktadır.

Yeşil Gelecek Endeksi, karbon emisyonu, enerji geçişi, yeşil toplum, temiz inovasyon ve iklim politikaları olmak üzere 5 alt boyuta ayrılmaktadır. Endeks, çeşitli faktörleri değerlendirerek bir sıralama oluşturur. Bu faktörler arasında yenilenebilir enerji kullanımı, karbon emisyonları, atık yönetimi, yeşil alanların korunması, eğitim seviyeleri, sağlık hizmetlerine erişim gibi çevresel, ekonomik ve sosyal göstergeler yer almaktadır.

Ekonomik göstergeler, ülkelerin çevresel sürdürülebilirlikle ekonomik performans arasındaki dengeyi anlamalarına yardımcı olur. Gelişmiş bir ekonomik yapı, sürdürülebilirlik için gerekli kaynakları ve teknolojiyi sağlama kapasitesini artırabilir. Ancak, bazen hızlı ekonomik büyüme, çevresel kaynakların aşırı tükenmesine veya kirlenmeye yol açabilir. Yeşil Gelecek Endeksi, ekonomik büyümenin çevresel etkilere olan yansımalarını göz önünde bulundurarak ülkelerin performansını değerlendirir. İnovasyon, çevre dostu teknolojilerin ve çözümlerin geliştirilmesinde kilit bir rol oynar. Yenilikçi yaklaşımlar, atık yönetimi, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı ve çevre dostu üretim süreçleri gibi alanlarda çözümler üreterek sürdürülebilirlik için katkı sağlar. Bu nedenle, inovasyon çevresel sürdürülebilirliği artırmak ve Yeşil Gelecek Endeksi'ni iyileştirmek için kritik öneme sahiptir.

Yeşil Gelecek Endeksi, ekonomik büyüme, çevresel performans ve inovasyon arasındaki ilişkileri analiz ederken, ekonominin büyümesi ile çevresel faktörler arasında dengeyi sağlayacak inovasyon odaklı politika ve uygulamaların gerekliliğini vurgular. Bu endeks, sürdürülebilirlik için ekonomik büyüme ve inovasyonun aynı zamanda çevresel etkilerini dengede tutmayı amaçlar.

Yeşil Gelecek Endeksinin alt boyutlarının hepsi önemli olmakla birlikte bu çalışmada Enerji Geçişi alt boyutu analizde yer almış olup, ülkeler bahsi geçen bu değişken bazında değerlendirilecektir. Çalışma sonucunda, ekonomik gelişmişliğin ve inovasyon göstergelerinin yeşil gelecek üzerindeki etkisi incelenerek yeşil gelecek endeksine göre öncü ülkeler ile geri kalan ülkeler arasındaki farklılığa değinilmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda, yapısal eşitlik modellemesi ile analiz gerçekleştirilmiştir.

3.Literatür Taraması

İlgili bölümde inovasyon ve ekonomik göstergeler arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar ile beraber söz konusu iki kavramın yeşil gelecek üzerinde etkisini araştıran çalışmalara odaklanılmıştır.

Hasan ve Tucci (2010) inovasyon ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında küresel patent verilerini kullanmışlardır. Böylelikle inovasyonun nicelik ve kalitesinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemişlerdir. 1980-2003 dönemi için 58 ülkenin verilerini kullanarak yaptıkları analizde geçmiş inovasyon göstergeleri kontrol edilerek, yüksek kaliteli patentlere sahip olan ülkelerin daha yüksek ekonomik büyümeye sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, patent seviyelerindeki artışın ekonomik büyümeyi de artırdığı gözlemlenmiştir.

Barbier (2011) çalışmasında, yeşil büyümenin sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı sağlayamayacağına dikkat çekmektedir. Küresel ekosistemde yaşanan bozulma ve kayıplar, dünya çapında ekolojik kıtlık sorunlarını artırmaktadır. Yeşil büyümenin sürdürülebilir ekonomik kalkınmaya katkı sağlayamamasının nedeni, ekolojik kıtlık ile ilgili sürdürülebilirlik ve finansman zorluklarının ele alınmamış olmasıdır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için, piyasa, politika ve kurumsal eksikliklerin giderilmesi ve ekosistemlerin değerinin belirlenmesi gerektiğini ileri sürmüştür.

Schiederig, Frank ve Herstatt (2012) yeşil inovasyon yönetiminin artan önemine odaklandıkları çalışmalarında konu ile ilgili literatürü gözden geçirerek, etkin bilim insanlarını, kurumları ve ilgili yayınları belirlemeye odaklanmışlardır. İnceleme, 'yeşil, çevre/ekolojik ve çevresel inovasyon' gibi üç farklı kavramın genellikle aynı anlamda kullanıldığını göstermişlerdir.

Kuşat (2013) ekonomik kalkınmayı sürdürülebilir hale getirmek isteyen ülkelerin çevreye verdiği zararın negatif dışsallıkları ele almıştır. Genel bir değerlendirme ile başlayacak olan çalışma, Türkiye'de son dönemde yeşil sürdürülebilirlik ve yeşil ekonomi alanında yapılan çalışmaları derlemiştir.

Aguilera-Caracuel ve Ortiz-de-Mandojana (2013) araştırmalarında yeşil inovatif firmaların daha sıkı çevresel düzenlemelere ve yüksek çevresel normatif seviyelere sahip bağlamlarda yer aldığını göstermiştir. Ancak, bu firmaların finansal performansında belirgin bir iyileşme görülmemektedir. Yeşil inovasyonun firma karlılığıyla pozitif bir ilişkisi olduğu ortaya çıkmıştır. Ulusal düzeydeki çevresel düzenlemelerin ve normatif seviyelerin, yeşil inovasyonun firma performansına etkisinde farklılıklar olduğu görülmektedir.

Özçağ ve Hotunluoğlu (2015) çalışmalarında yeşil ekonomi anlayışının, geleneksel büyümeyi ve kalkınma modellerine alternatif olarak içeriğini, stratejilerini ve yeniliklerini göstermeyi hedeflemişlerdir. Çalışma sonucunda ise dünya genelinde canlı yaşamı ciddi şekilde tehdit eden küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çok boyutlu sorunlarla ilgili uluslararası alanda önemli adımlar atılmış olmasına rağmen, gerçek hayatta olumlu ilerlemeler kaydedilmediği vurgulanmıştır.

Gibbs ve O'Neill (2016) gelecek için hazırlanan senaryoları, "temiz teknoloji" ekonomisinden başlayarak yeniden birikim olasılığına ve mevcut üretim ve tüketim biçimlerinin değiştirilmesine odaklanan daha radikal 'degrowth' (azalma) fikirlerine kadar araştırmışlardır. Bu süreçte, bölgelerin yeni yeşil ekonominin itici gücü olarak rolünü ve sürdürülebilirlik geçişlerini ele almışlardır.

Yılmaz ve Doğan (2017) çalışmalarında yeşil büyümenin mevcut sistemlerin devamını sağlayabileceği vurgusuyla Dünya ve Türkiye'deki uygulanabilirlik boyutlarını ele alır. Yeşil büyüme, sosyo-ekolojik dönüşüm sağlayabilecek yeni bir büyüme perspektifidir. Çevreye zarar vermeden gelecek nesilleri düşünen bir model olarak, Türkiye'nin yeşil büyüme performansını değerlendirmek için veri zarflama analizi kullanılmıştır. Analiz, Türkiye'nin, OECD ve BRIICS ülkeleriyle kıyaslandığında tam etkin bir yeşil büyüme stratejisine sahip olmadığını gösterdi.

Yılmaz (2018) çalışmasında sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme arasındaki ilişkiyi ele almaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir kalkınmadan yeşil büyümeye doğru yaşanan gelişmeler, bu kavramların ölçülmesi ve ilişkileri incelenmektedir. Yeşil büyüme kavramı, sürdürülebilir kalkınmanın temel ilkelerine dayanmaktadır ve sürdürülebilir kalkınma ile ekonomik politika arasındaki bağlantıyı vurgular. Bu analiz, sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme terimlerinin birlikte kullanılmasının anlamını açıklamayı amaçlamaktadır.

Elverdi ve Atik (2021) çalışmalarında, Küresel İnovasyon Endeksi'ne dâhil olan 127 ülkeyi kapsayarak inovasyonun ekonomik büyüme üzerindeki güçlü ve olumlu etkisini, Yapısal Eşitlik Modellemesi çerçevesinde analiz etmektedir. Sonuçlar, inovasyonun ekonomik büyümeyi doğrudan etkileyerek önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

Yücel (2021) çalışmasında dünya çapındaki vaka çalışmalarıyla açık inovasyon ile yeşil inovasyon arasındaki ilişkileri ele alır. Yeşil inovasyon başarısı için dış kaynaklarla işbirliği önemliyken, açık inovasyon için iç ve dış kaynakların birlikte değerlendirilmesi gerektiğini vurgular. On iki vaka üzerinden bu iki inovasyon türünün benzerliklerini, farklılıklarını ve birlikte kullanımlarının başarısını açıklar.

Barış (2022) çalışmasında OECD ülkeleri üzerinde ekonomik politika belirsizliği ile inovasyon arasındaki ilişkiyi analiz etmektedir. Panel veri analizi yöntemleri kullanılarak 1997-2019 dönemi verileri incelenmiştir. Bulgular, analizlerin 14 OECD ülkesi için ekonomik politika belirsizliği ile inovasyon arasında eş bütünleşme veya nedensellik ilişkisi olmadığını göstermiştir. Araştırma, ekonomik politika belirsizliğinin inovasyonu etkileyip etkilemediğini değerlendirmiştir ancak bu iki değişken arasında anlamlı bir ilişki tespit edememiştir.

Gevher ve Acet (2023) çalışmalarında Avrupa Birliği'nin yeşil ekonomiye geçişte izlediği politikaları detaylandırmışlardır. Araştırmada, 1990'lı yıllardan itibaren AB'nin çevresel sorunlar ve iklim değişikliğinin etkilerini göz önünde bulundurduğunu ve uzun vadeli stratejilerini sürdürülebilir kalkınma ve yeşil ekonomi temelinde şekillendirdiğini vurgulamışlardır.

Li ve Qamruzzaman (2023) Vietnam için yapmış oldukları çalışmaları, eğitim, inovasyon ve temiz enerjinin uzun ve kısa vadede karbon emisyonunu ve ekolojik dengesizliği azaltarak çevresel sürdürülebilirliği teşvik ettiğini göstermişlerdir.

4.Yöntem

Çalışmada istatistiksel yöntem olarak yapısal eşitlik modellemesinden yararlanılmış olup yöntemin iki alt türü bu bölümde tanıtılmıştır.

4.1 Gizil değişkenlerle Yapısal Eşitlik Modellemesi

Çalışmada, birden fazla değişkenli istatistiksel yöntem olan yapısal eşitlik modellemesinden yararlanılmıştır. Yapısal eşitlik modellemesi (YEM) ile gizil değişkenler tarafından oluşturulan yapılar ölçülebilir ve aralarındaki ilişki tahmin edilebilir. Gizil değişkenler, doğrudan gözlenemeyen zekâ, tutum, duygu, algı gibi soyut kavramlar olup gözlenen değişkenler (indikatörler) ile ölçülür.

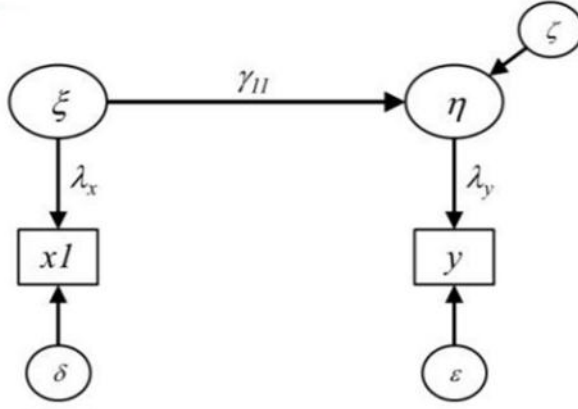
YEM, eşanlı olarak çok sayıda bağımlı ilişkiyi tahmin etmede ve tek tek test edilmesi durumunda yüksek 1.tip hata ile sonuçlanacak birden fazla regresyon ilişkisinin testinde kullanışlıdır (Börüban ve Güler, 2020: 86). YEM, doğrulayıcı bir yöntemdir. Bu yöntemle teoriye dayalı olarak oluşturulan hipotezin mevcut veri seti ile desteklenip desteklenmediği araştırılır.

4.1.1 Tek İndikatörlü Gizil Yapılı Modeller

Bu alt bölümde yapısal eşitlik modellemesinin en yaygın kullanılan türü gizil değişkenlerle yapısal eşitlik modellemesi ve bu türün özel bir durumu olan tek indikatörlü gizil yapı içeren modellere yer verilmiştir.

YEM uygulamalarında, yaygın olarak en az üç indikatörlü gizil yapı içeren modeller tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra tek veya iki indikatör içeren gizil yapıları modeller de kullanılabilmektedir.

Şekil 1'de tek indikatörlü gizil yapı içeren model diyagramı yer almaktadır.



Şekil 1: Tek İndikatörlü Gizil Yapıya Sahip Model

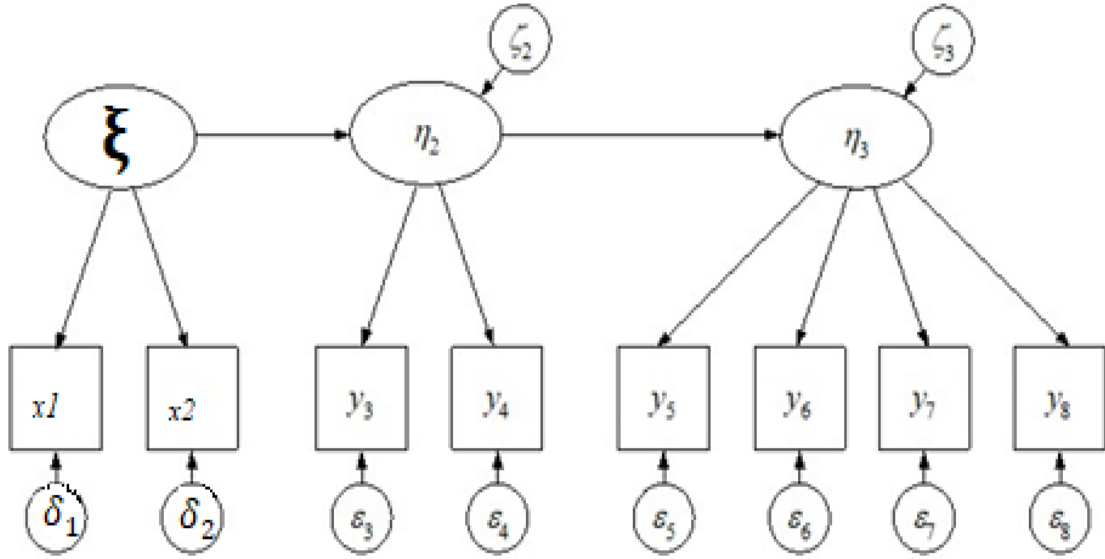
Şekil 1’de yer alan ξ ve η modelin gizil değişkenleri olup sırasıyla $x1$ ve y indikatörleri ile ilişkilendirilmişlerdir. δ ve ε ölçme hataları olup indikatörlerde, gizil değişkenler tarafından açıklanamayan varyansı açıklamaktadır. ξ ve η , sırasıyla egzojen ve endojen gizil değişkenlerdir. ξ ‘nin η üzerindeki etkisini γ_{11} regresyon katsayısı yansıtmaktadır.

Ekonometrik modeller teorik yapıların tek bir indikatör ile hatasız ölçüldüğünü varsaysa da araştırmacılar birçok durumda tek indikatörün sapmalı olduğunu ve çoklu indikatörlerin kullanımının gerekli olduğunu belirtmişlerdir (Campbell ve Fisk, 1959; Nunnally, 1978; Aaker ve Bagozzi, 1979; Churchill, 1979; Anderson ve Gerbing, 1988; Kline, 2005; Bergkvist ve Rossiter, 2007; Petrescu, 2013). Poon, Leung ve Lee. (2002) ise, yapının basit olduğu ve tek yönlü olduğu durumlarda çok sayıda indikatör yaratmanın güç olması nedeniyle tek maddeli yapı kullanılabileceğini belirtmiştir. Hayduk ve Littvay (2012), hastalık şiddeti, mutluluk veya ölümden sonraki yaşam inancı vb. kavramların ölçümünde ölçüm hatası olacağı için bu kavramların gizil değişken olarak modelde yer alması gerektiğini, cinsiyet veya yaş gibi değişkenler ölçüm hatası içerse bile tek bir göstergeden daha fazlasını gerektirmek için çok az neden olduğunu ileri sürmüştür.

4.1.2 Çok İndikatörlü Gizil Yapılı Modeller:

Araştırmacılar, niyet, duygu, tutum gibi soyut ve doğrudan ölçülemeyen kavramları araştırmak isteyebilir. Bu yapılar genellikle birden fazla indikatör (gösterge değişken) yardımıyla ölçülür.

Şekil 2’de gizil değişkenlerle yol analizine ilişkin yapı tanıtılmıştır.



Şekil 2: Gizil Değişkenlerle Yol Analizi

Şekil 2’de yer alan ξ egzogen, η_2 ve η_3 değişkenleri, endojen gizil yapılardır. ξ ’in x_1 ve x_2 , η_2 ’nin y_3 ve y_4 , η_3 ’ün ise y_5 , y_6 , y_7 ve y_8 tarafından ölçüldüğü ön savlanmıştır. Diğer bir deyişle, x_1 , x_2 , y_3 , y_4 , y_5 , y_6 , y_7 ve y_8 indikatör değişkenlerdir. İndikatörlerin δ_1 , δ_2 ve $\epsilon_3, \dots, \epsilon_8$ değişkenleri ile ilişkilendirildiği Şekil 2’den görülebilmektedir. δ_1 , δ_2 ve $\epsilon_3, \dots, \epsilon_8$ indikatörlerdeki ölçüm hatalarıdır. ζ_2 ve ζ_3 ise, bozucu terimler olup η_2 ve η_3 ’te açıklanamayan varyansı göstermektedir. Diğer bir deyişle, δ_1 , δ_2 ve $\epsilon_3, \dots, \epsilon_8$ ölçüm kaynaklı, ζ_2 ve ζ_3 ise tahmin kaynaklı hata terimleridir. Hatanın devre dışı bırakılması, yapısal eşitlik modellemesine dayalı olan tüm analiz yöntemlerinin en önemli avantajlarından biridir (Tatlídil,1992; Yener, 2007).

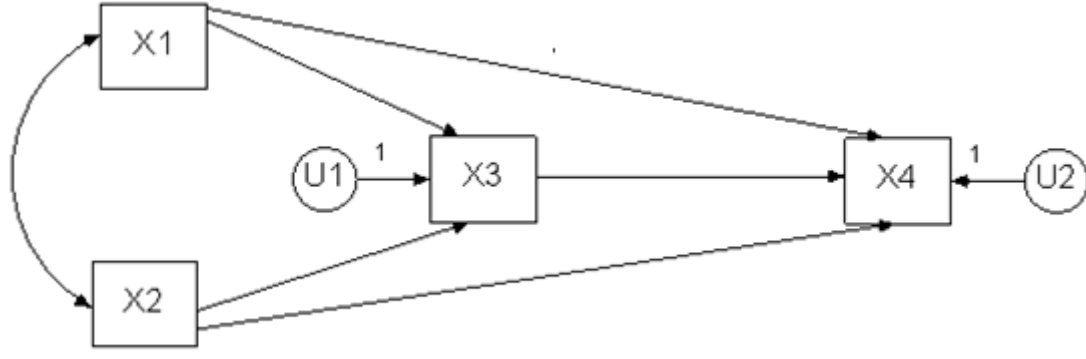
4.2 Gözlenen Değişkenlerle Yapısal Eşitlik Modellemesi

Gözlemlenen değişkenlerle yapısal denklem modeli (Structural Equation Model with Observed Variables) çok değişkenli istatistiksel bir analiz tekniğidir. Bu model, birbirleriyle ilişkili değişkenler arasındaki karmaşık ilişkileri incelemek için kullanılır.

Gözlemlenen değişkenlerle yapısal denklem modeli, gözlemlenen değişkenleri (yani, doğrudan gözlemleyebildiğimiz değişkenleri) ve gizli değişkenleri (yani, doğrudan gözlemleyemediğimiz ancak dolaylı olarak çıkarılabilecek değişkenleri) içerebilir. Ancak, burada "gözlemlenen değişkenlerle" vurgusu, modelin sadece gözlemlenen değişkenlerle kurulduğunu belirtir.

Gözlemlenen değişkenlerle yapısal denklem modeli, gözlemlenen değişkenler arasındaki ilişkileri inceleyen istatistiksel bir modelleme tekniğidir. Bu model, çeşitli disiplinlerde kullanılan karmaşık ilişkilerin analizinde ve teorik modellerin doğrulanmasında kullanılır.

Şekil 3’te gözlenen değişkenlerle yol analizi üzerine bir modele yer verilmiştir.



Şekil 3: Gözlenen Değişkenlerle Oluşturulan Yol analizi Modeli

Kaynak: <https://davidakenny.net/cm/basics.htm>

Şekil 3'te gözlenen değişkenlerle yol analizi modelinde, X1, X2 egzojen, X3 ve X4 ise endojen değişkenlerdir. Endojen değişkenler X3 ve X4 ile sırası ile u1 ve u2 hata terimleri ilişkilendirilmiş olup bu hata terimleri tahmin hatalarıdır zira bu modellerde gizil değişken yer almadığı için ölçüm hatasına yer vermek olanaksızdır. X1 ve X2 arasındaki çift yönlü ok, ilgili değişkenler arasında kovaryans ilişkisini/yönsüz ilişkiyi temsil etmektedir. X1 ve X2'den, X3 ve X4'e yönelen ve X3'ten X4'e yönelen tek yönlü oklar regresyon ilişkisini (nedensel) (yönlü) ilişkiyi temsil etmektedir.

5. Veri Seti ve Bulgular

Çalışmanın veri setini, yeşil gelecek endeksi hesaplanmış 76 ülkenin 2021 yılına ait İnovasyon, Yeşil Gelecek Endeksi (Green Future Index- GFI)¹ ve Ekonomik Büyüme değişkenleri oluşturmaktadır. Çalışmada Ekonomik Büyümeyi temsil etmek için Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GDPcons); İnovasyonu temsil etmek için Sabit Geniş Bant Abonelikleri (FB), Sabit Telefon Abonelikleri (FT), Bilgi İşlem Teknoloji Ürünleri İhracatı (ICTE) değişkenleri kullanılmıştır. GFI ise, enerji geçişi (Energy_tr) ile temsil edilmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenler ve kısaltmaları Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1: Çalışmada Kullanılan Değişkenler

Gizil Yapı	Değişken	Kısaltma
İNOVASYON	Sabit Telefon Abonelikleri	FT
	Sabit geniş bant abonelikleri	FB
	BİT Ürünleri İhracatı (toplam ihracatın %'si)	ICTE
GFI	Enerji Geçişi	Energy_tr
EKONOMİK BÜYÜME	GSYH Sabit	GDPcons

Yapısal eşitlik modellemesi normal dağılım varsayımı gerektirdiğinden değişkenlerin normallikleri sınanmış ve normal dağılıma uymadıkları tespit edilmiştir. Yöntemin diğer bir varsayımı olan değişkenler arasında anlamlı doğrusal ilişki varsayımı ise, parametrik olmayan bir yöntem olan Kendall'ın Tau'su korelasyon katsayısı ile sınanmıştır. Elde edilen korelasyon sonuçları Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2: Korelasyon Matrisi

	Energy_tr	GDPcons	FB	FT	ICTE
Energy_tr	1,000	-,242**	-,290**	-,347**	-,215**
GDPcons	-,242**	1,000	,629**	,626**	,173*
FB	-,290**	,629**	1,000	,718**	,157*

¹ Green Future Index (GFI): Yeşil Gelecek Endeksi, ülkelerin düşük karbonlu bir gelecek geliştirme yeteneklerine ilişkin sıralanmasını içerir. Yenilenebilir kaynaklara ve yeşil politikaya yatırım yoluyla ekonomilerin çevre dostu geleceğe yönelme derecesini ölçer.

FT	-,347**	,626**	,718**	1,000	,213**
ICTE	-,215**	,173*	,157*	,213**	1,000

* %5’de anlamlı, ** %1’de anlamlı

Bu bağlamda Tablo 2’deki korelasyon matrisi değerlendirildiğinde, değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları istatistiksel olarak anlamlı olarak elde edilmiştir. Açıklaması yapılan değişkenlere ek olarak çalışmaya “inovasyon”, ve daha sonra açıklanacak olan F1 ve F2 gizil yapıları da dahil edilmiştir.

Çalışmada rakip modeller stratejisi uygulanmış ve bu doğrultuda Model 1 ve Model 2 adıyla iki modele yer verilmiştir. Rakip modeller stratejisi, aynı fenomeni açıklayan iki modelden iyi uyuma sahip olanın “kayırılması” olarak tanımlanabilir.

İnovasyon, bir fikri, ürün, hizmet veya sürece dönüştürerek yenilik yaratmak anlamına gelir. İnovasyon temelli ürün ve sistemler, bilgi teknolojileri sektörünün gelişmiş olduğu ülkelerde sürekli yenilenmektedir. İnovasyon becerisi yüksek bilgi ekonomilerinde üretim kaynağı “bilgi” dir ve bilgi teknolojileri bu kaynağın üretimi ve kullanımında kilit rol oynar. Bilgi işlem ürünleri ihracatı, bir ekonomide bilgi teknolojileri sektörünün önemini gösteren değişkenlerden biridir. Bu nedenle, BİT ürünleri ihracatı (toplam ihracatın %’si) (ICTE) çalışmaya inovasyon gizil yapısının bir indikatörü olarak dahil edilmiştir.

Literatürde, telefon aboneliği alt yapısının ülkenin inovasyon becerisini yansıttığına ve bilgi işlem alanındaki gelişmelerin bilgi toplumuna geçişte önemli olduğuna değinen çalışmalar mevcuttur (Özgür Güler ve Veysikarani, 2018; Yeşilorman ve Koç, 2014). Daha geniş bir bakış açısı ile inovasyon, teknolojinin tüm unsurlarını kapsamaktadır.

Kavak (2009: 618) inovasyonun tek başına bir etkinlik olmayıp tüm bilim ve teknoloji etkinliklerini kapsadığını belirterek şöyle devam eder. “İktidar, beyin gücü, üniversite, planlama, sanayi, teknoloji, endüstri ve piyasa gibi tüm elemanlar inovasyonun içinde yer alan parçalardır ve neredeyse bir ülkenin bilim ve teknolojisinin tüm elemanlarını içine alması gereken inovasyon etkinliğinin yürüyebilmesi öncelikle toplumun her kesiminin ve iktidar erkinin olayı benimsemesi ve desteklemesi ile gerçekleşecektir”

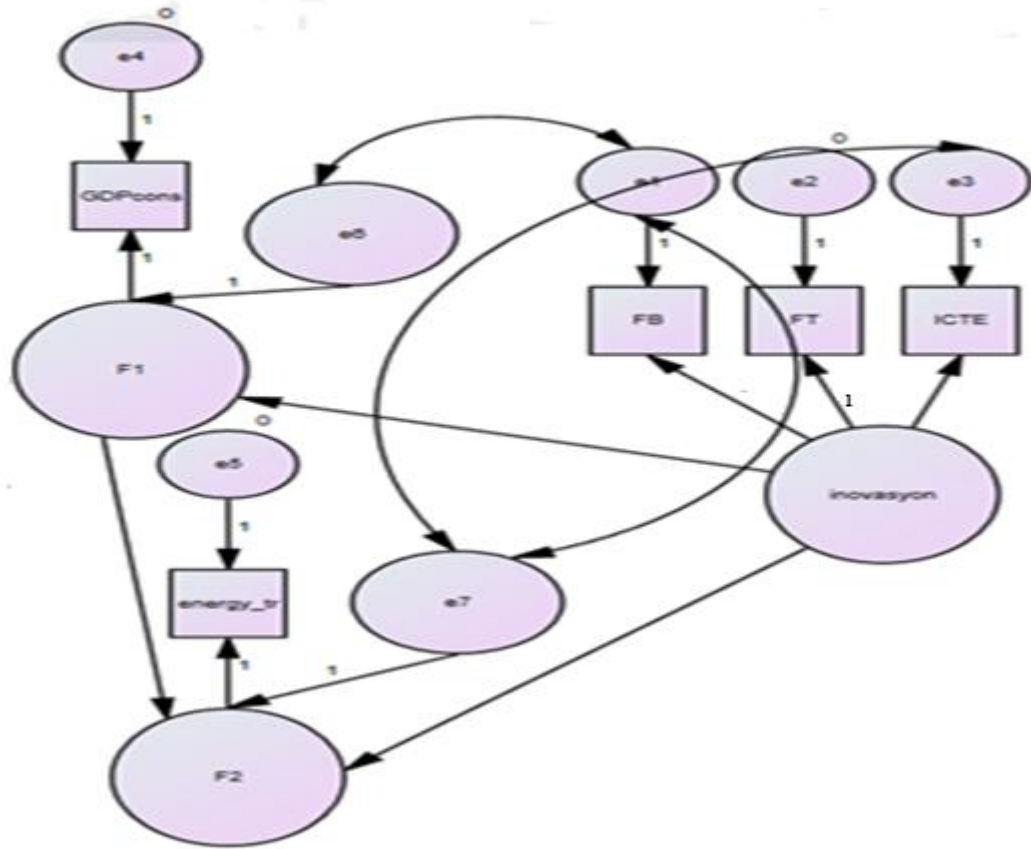
İnovasyon bilim ve teknolojinin tüm unsurlarını kapsadığından inovasyon becerisi yüksek ülkelerde bilgi teknolojileri sektörü gelişmiştir. Bu nedenle bilgi teknolojileri sektörünün altyapısını gösteren FB ve FT değişkenleri modele “inovasyon” gizil yapısının indikatörleri olarak dahil edilmiştir.

Çalışmada yer alan diğer bir değişken olan enerji geçişi, fosil yakıtların aşamalı olarak temiz enerji kaynakları ile değiştirilmesi olarak tanımlanabilir. Enerji geçişi skorunun yüksek olması, yenilenebilir enerji kullanımının toplam enerji içindeki payının arttığı anlamına gelmektedir.

Bulgular kısmında model diyagramlarında görüleceği gibi, “inovasyon” dan milli gelir ve enerji geçişine nedensellik (regresyon ilişkisi) ön savlanmıştır. İnovasyonun gerek yüksek teknoloji ihracatı gerek yerli üretim yoluyla milli gelirde artış yaratmasının beklenmesi makuldür. Ek olarak, inovasyonun yaratacağı teknolojik yeniliklerin, enerji geçişini hızlandırması da haklı bir önsel beklentidir. “Milli gelir” den enerji geçişine yönelik regresyon ilişkisi ise, “yüksek gelirli ülkelerin, modern yenilenebilir enerji teknolojileri geliştirmeye kaynak ayırabilecek olması” şeklinde gerekçelendirilebilir.

Model 1’de inovasyon gizil yapısı üç indikatörlerinden oluşmaktadır. “İnovasyon” gizil yapısı yansıtıcı bir yapı olup FB, FT ve ICTE değişkenleri tarafından ölçüldüğü varsayılmıştır.

Model 1’in diyagramı Şekil 4’de yer almaktadır.



Şekil 4. Model 1 Diyagramı

Şekil 4’de gösterildiği gibi, F1 ve F2 gizil yapıları tek indikatörlü gizil yapılar olup sırasıyla GDPcons ve Energy_tr gözlenen değişkenleri ile ilişkilendirilmiştir. İnovasyon yapısından F1, ve F3’e yönelen tek yönlü oklar endojen değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri göstermektedir. Model diyagramında İnovasyon gizil yapısından FB, FT ve ICTE’ye, F1’den GDPcons’a, F2’den Energy_tr’ye yönelen tek yönlü oklar ve gizil yapı ile gösterge değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri göstermektedir. Hata terimleri arasındaki çift yönlü oklar, (e6-e1, e7-e3, e7-e1) yönsüz ilişkiyi (kovaryansı) temsil etmektedir. İlgili kovaryans ilişkileri AMOS programı önerisi ile yapılmış model uyumunu arttırmaya yönelik modifikasyonlardır. e2 ve e4’ün hata varyansları negatif hesaplanmış olup bir “Heywood Vakası”dır. Bu durumda uygulanan yaygın çözümlerden biri hata varyansına sıfır kısıtı uygulanmasıdır (Dillon, Kumar ve Mulani 1987; Farooq, 2022: 10).

Model uyumunu değerlendirmede Tablo 3’te verilen referans değerlerden yararlanılmıştır.

Tablo 3: Referans Değerler

Ki kare p Değeri	Ki-kare/ sd	GFI	RMSEA	AGFI	NFI	NNFI (TLI)	IFI	CFI
>0,05	≤ 3	≥0,85	≤ 0,08	≥0,85	≥0,9	≥0,9	≥0,9	≥0,9

İnovasyon, F1 ve F2 yapılarını içeren model 1’in uyum değerleri Tablo 4’te yer almaktadır:

Tablo 4: Model 1’in Uyum Değerleri

Ki Kare p Değeri	Ki Kare/sd	RMSEA	AGFI	GFI	NFI	NNFI (TLI)	CFI	IFI
0,739	0,303	0	0,976	0,997	0,998	1,026	1	1,005

Tablo 4’te görüldüğü gibi, modelin uyum değerleri incelendiğinde, Ki-kare değerinin istatistiksel olarak 0,05’ten büyük olduğu görülmektedir. Bu durumda, gözlenen kovaryans matrisi ve model kovaryans matrisinin denkliliğini ileri süren boş hipotez reddedilemez. Teorik kovaryans matrisi ile gözlenen değişkenlerden oluşan kovaryans matrisi arasındaki farkın küçük olması iyi uyum göstergesidir.

“Ki kare/serbestlik derecesi” oranı ise 0,303 olup 3’ten küçük olduğu için iyi uyuma işaret etmektedir. Örneklem büyüklüğü arttıkça, istatistiksel olarak anlamlı bir ki-kare elde etme olasılığı artar. Ki-kare istatistiği, serbestlik derecesi ile birlikte model uyumunun yararlı bir ölçüsüdür. Örneklem büyüklüğünden kaynaklı anlamlı çıkma sapmasını düzeltir.

Modeldeki açıklanan varyans oranını gösteren AGFI ve GFI’nın ise referans değer olan 0,85’ten büyük olduğu görülmektedir. NFI, NNFI (TLI), IFI ve CFI değerleri ise, modelin bağımsız (boş) modelle karşılaştırılma sonucunu göstermekte olup referans değer olan 0,9’dan büyük hesaplanmıştır. Modeldeki hata kareleri ile ilgili bir ölçü olan RMSEA küçük örneklemde doğru modelleri reddetme eğilimindedir. İyi uyumlu bir modelde, 0,08’den küçük olması beklenir. Modelde 0 olarak hesaplanmış olduğundan iyi uyumu işaret etmektedir.

Model uyumu iyi olduğu gözlemlendikten sonra elde edilen katsayıların yorumlanmasına geçilmiştir. Tablo 5’te değişkenler arası nedensellik ilişkileri, katsayılar, t istatistikleri ve t istatistiği p değerleri yer almaktadır.

Tablo 5: Değişkenler Arası Nedensellik İlişkileri (Model 1)

Yordayan Değişken	Yordanan Değişken	Standartlaştırılmış Katsayı	t değeri	Önem Düzeyi (p değeri)
İnovasyon	F1	0,889	11,274	<0,001
İnovasyon	F2	-0,26	-1,069	0,285
İnovasyon	FB	0,917		
İnovasyon	FT	1	19,848	<0,001
İnovasyon	ICTE	0,18	1,579	0,114
F1	GDPcons	1		
F2	Energy_tr	1		
F1	F2	0,074		0,759

Tablo 5 değerlendirildiğinde önem düzeyi (p değeri) sütunundan görülebileceği gibi inovasyon gizil yapısının, FT üzerindeki etkisini gösteren katsayının önem düzeyi <0,001’tir, dolayısıyla istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edilmektedir.

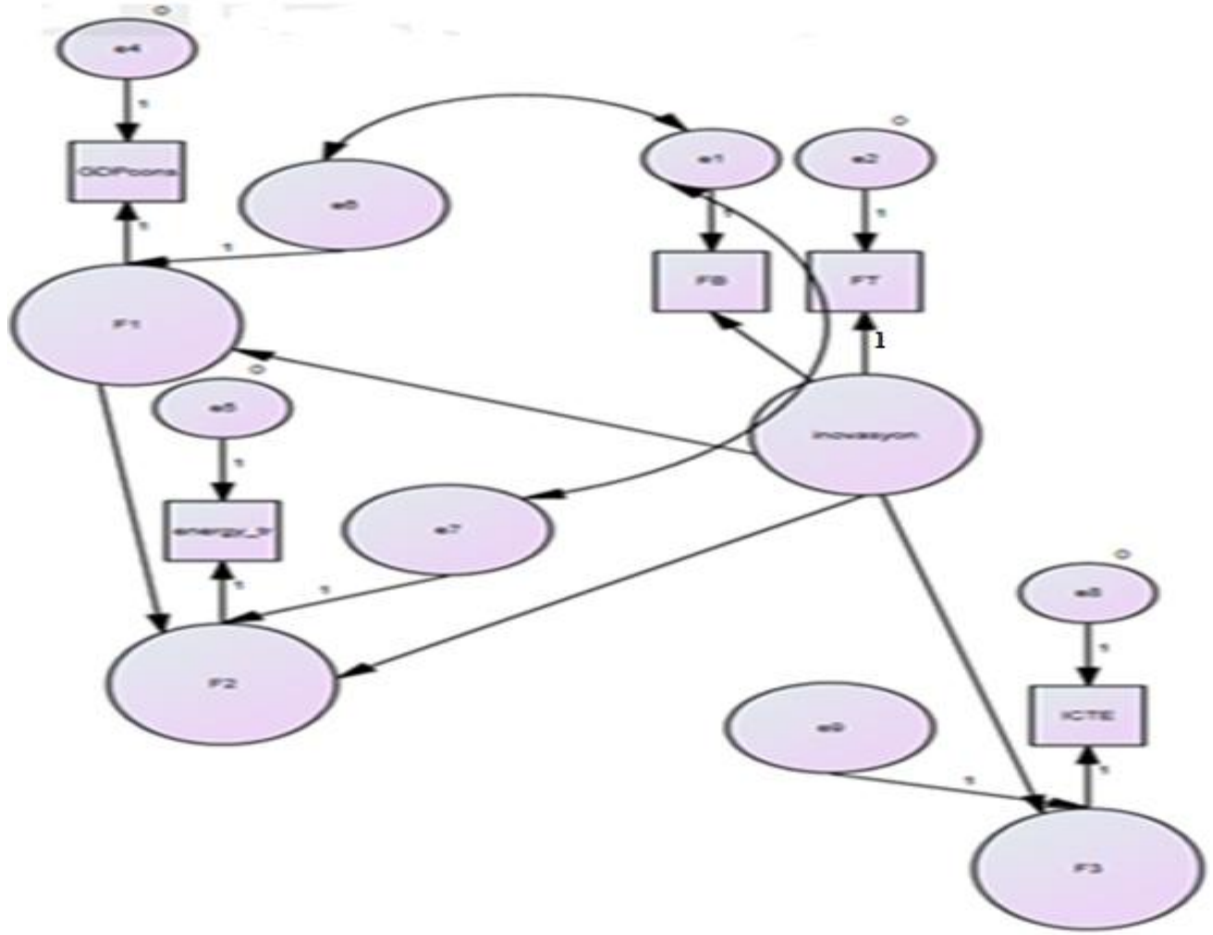
Ayrıca FT işaretleyici indikatör¹ olup FT-gizil yapı ilişkisi 1’e sabitlendiği için FT üzerindeki etki için t değeri ve p değeri raporlanmamıştır. Diğer yandan, işaretleyici indikatör üzerindeki 1 kısıtı kaldırılıp FB işaretleyici indikatör seçildiğinde, FB’nın anlamlı bir şekilde gizil yapı tarafından yordandığı görülmüştür.

ICTE için önem düzeyi 0,114 olarak hesaplanmış olup inovasyon gizil yapısının ICTE üzerindeki istatistiksel olarak anlamlı bir etki saptanmamıştır. Bu durumda, çalışmanın başında ön savlanan İnovasyon gizil yapısı tanımlı değildir. Diğer bir deyişle, “İnovasyon” gizil yapısından söz edilemez ve bu nedenle bu gizil yapının model içi ilişkilerinin yorumlanmasının anlamı yoktur.

F1’in F2 üzerindeki etkisini gösteren katsayı için önem düzeyi 0,759 olarak hesaplanmış olup sözü edilen etki istatistiksel olarak anlamsızdır.

Çalışmada yer alan alternatif/rakip model diyagramına Şekil 5’te yer verilmiştir.

¹ Bir gösterge değişkenin işaretleyici indikatör seçilip faktör yükünün 1’e eşitlenmesi modelin eksik tanımlanmasını önüne geçmek için başvurulmuş bir kısıt uygulaması işlemidir.



Şekil 5. Model 2 Diyagramı

Şekil 5’de görüldüğü gibi, alternatif model olan Model 2’de inovasyon gizil yapısı, FT ve FB’den oluşmaktadır. İlk modelde, inovasyon indikatörü olarak yer alan ICTE ise, Model 2’ye F3 gizil yapısının indikatörü olarak dahil edilmiştir. Diğer bir ifade ile, F3 gizil yapısı Model 2’de tek indikatörle (ICTE ile) temsil edilmiştir.

Model 2 diyagramında görüldüğü üzere İnovasyon gizil yapısından FB ve FT’ye, F1’den GDPcons’a, F2’den Energy_tr’ye, F3’ten ICTE’ye yönelen tek yönlü oklar, gizil yapı ile gösterge değişkenleri arasındaki nedensel ilişkileri göstermektedir. İnovasyon yapısından F1, F2 ve F3’e yönelen tek yönlü oklar endojen değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri göstermektedir. Hata terimleri arasındaki çift yönlü oklar, yönsüz ilişkiyi (kovaryansı) temsil etmektedir, daha önce değinildiği gibi ilgili kovaryans ilişkileri AMOS programı önerisi ile yapılmış model uyumunu arttırmaya yönelik modifikasyonlardır.

Model 2’nin elde edilen uyum değerleri Tablo 6’da yer almaktadır.

Tablo 6: Model 2’nin Uyum Değerleri

Ki Kare p Değeri	Ki Kare/sd	RMSEA	AGFI	GFI	NFI	NNFI (TLI)	CFI	IFI
0,115	1,975	0,114	0,853	0,971	0,979	0,964	0,989	0,989

Tablo 6’da görüldüğü gibi, RMSEA hariç tüm uyum değerleri, Tablo 3’te yer alan referans değerler kriter alındığında, Model 2’nin veriye iyi uyduğunu göstermektedir. Çok sayıda ölçüm üzerindeki çalışmalar, RMSEA’nın, örnek hacmi büyük olduğunda, doğrulayıcı veya rakip modellerde kullanılmasının daha uygun olduğunu ortaya çıkarmıştır (Hair, Black, Babin ve Anderson, 2010; Maiyaki, 2012; Börüban ve Özgür Güler, 2022). Bu anlamda büyük örneklem 500 cevaplayıcıdan fazla olarak dikkate alınır (Maiyaki,

2012: 9932). RMSEA küçük örneklemede ($n < 200$) uyumu olduğundan düşük tahmin etmektedir (West ve Taylor, 2012: 217; Börüban ve Özgür Güler, 2022: 1622).

Hesaplanan model uyum değerleri iyi olarak belirlendikten sonra modelde elde edilen katsayılar hesaplanmıştır. Elde edilen katsayılar ve anlamlılık düzeyleri Tablo 7’de yer almaktadır.

Tablo 7. Değişkenler Arası Nedensellik İlişkileri (Model 2)

Yordayan Değişken	Yordanan Değişken	Standartlaştırılmış Katsayı	t değeri	Önem düzeyi (p değeri)
İnovasyon	F1	0,889	11,27	<0,001
İnovasyon	F2	-0,293	-1,174	0,24
F1	F2	0,11	0,444	0,657
İnovasyon	F3	0,18	1,579	0,114
İnovasyon	FT	1	19,85	<0,001
İnovasyon	FB	0,917		
F1	GDPcons	1		
F2	Energy tr	1		
F3	ICTE	1		

Tablo 7’de görüldüğü gibi, İnovasyon gizil yapısının FB üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirtilmiştir. FT üzerindeki etki için t değeri ve p değeri raporlanmamıştır çünkü FT işletleyici indikatör olup FT-gizil yapı ilişkisi 1’e sabitlenmiştir. İşletleyici indikatör üzerindeki 1 kısıtı kaldırılıp FB işletleyici indikatör seçildiğinde, FT’ nin anlamlı bir şekilde gizil yapı tarafından yordandığı görülmüştür. Bu durumda, İnovasyon gizil yapısı tanımlıdır ve model içindeki ilişkileri yorumlanabilir özelliktedir.

Önem düzeyi (p değeri) sütunundan görülebileceği gibi, inovasyon gizil yapısının F3 ve F2 üzerindeki etkisini gösteren katsayı önem düzeyleri sırasıyla 0,114 ve 0,24 olup 1.tip hata olasılığı 0,05’ten büyüktür. Dolayısıyla, inovasyon gizil yapısının F3 ve F2 üzerindeki etkisini gösteren katsayılar istatistiksel olarak anlamsızdır. İnovasyon gizil yapısının F1 üzerindeki etkisini gösteren katsayı test istatistiği <0,001 önem düzeyine sahip olup 0,05’ten küçüktür ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Modeldeki, diğer bir nedensel ilişki olan F1’in F2 üzerindeki etkisini gösteren katsayının test istatistiği 0,657 önem düzeyine sahip olup istatistiksel olarak anlamsızdır.

e4, e2 ve e8’ün varyanslarına sıfır kısıtı uygulanmış olup daha önce değinildiği gibi Heywood vakası için çözüm olarak seçilmiştir.

İnovasyon gizil değişkeninin Model 2’de tanımlı olması ve uyum değerlerinin Model 2’de daha iyi uyum göstermesi nedeniyle iki alternatif (rakip) modelden Model 2 kayırlmıştır. Modelde, “inovasyon” gizil değişkeninin F1 üzerindeki standartlaştırılmış etkisi 0,889 olarak hesaplanmıştır. İnovasyon arttıkça, milli gelirin artması teorik beklentilere uygundur. “İnovasyon” gizil yapısının enerji geçişi değişkenini yordamadığı görülmektedir. İnovasyon gizil değişkeninin enerji geçişi üzerindeki etkisi 2 yoldan gerçekleşmektedir:

Etki 1: Telekomünikasyon altyapısı dolayısıyla inovasyon kabiliyeti güçlü ülkelerde mekânsal engeller aşılabilmekte, işlem maliyetleri düşürülebilmekte ve çevre dostu teknoloji inovasyonu kolaylaşmaktadır. Dolayısıyla, inovasyon kabiliyetinin enerji geçişini pozitif yönlü etkilemesi beklenmektedir.

Etki 2: Biyoyakıt tüketimi, enerji geçişi üzerinde etkilidir. Biyoyakıt, sera gazı emisyonu azaltıcı olması nedeniyle temiz enerjiye geçişte önemli bir enerji kaynağıdır. İnovasyon kabiliyeti düşük görece az gelişmiş ülkelerde biyoyakıt olarak klasik biyoyakıtlar (odun, tezek) kullanılırken görece gelişmiş inovasyon kabiliyeti yüksek ülkelerde yeni nesil biyoyakıtlar kullanılmaktadır.

İnovasyon kabiliyeti bir gelişmişlik göstergesi olduğundan inovasyon arttıkça yeni nesil biyoyakıtların artması, inovasyon azaldıkça ise klasik biyoyakıt kullanımının artması beklenmektedir. Enerji geçişi değişkeni, klasik/yeni nesil biyoyakıt ayrımı olmadan tüm biyoyakıt kullanımını dikkate almakta ayrıca, biyoyakıt kullanımı dışındaki çevre dostu enerji çözümlerini de kapsamaktadır.

İnovasyonunun bilgi işlem teknoloji ürünleri ihracatını anlamlı şekilde yordamadığı bulgulanmıştır. Bu sonucun inovasyon gizil yapısının tanımlanmasında kullanılan indikatör değişkenlerden kaynaklandığı, daha kapsamlı bir indikatör setiyle inovasyon-bilgi işlem teknoloji ürünleri ihracatı ilişkisinin anlamlı bulunabileceği düşünülmektedir.

6. Sonuç ve Değerlendirme

İnovasyon, çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi ve yeşil uygulamaların benimsenmesinde katalizör rolü üstlenmektedir. Ayrıca, bilgi ekonomisinin önem kazanması nedeniyle inovasyonun milli gelir artırıcı rolü de bulunmaktadır. Dolayısıyla, yeşil ekonominin temel taşlarını oluşturan sürdürülebilirlik politikalarının etkin bir şekilde uygulanmasında inovasyonun ve milli gelirin etkisi önemlidir. Bu bağlamda, yeşil ekonominin gelişimi için ekonomik büyüme ve teknolojinin etkisinin ölçülmesi önemlidir.

Bu çalışmada, yeşil geleceğin oluşturulmasında ekonomik faktörler ve inovasyonun rolü incelenmeye çalışılmıştır. Yapısal eşitlik modeli kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada, 76 ülkeden elde edilen veriler ışığında ekonomik göstergeler ve inovasyonun yeşil geleceğe olan etkileri değerlendirilmiştir.

Bu araştırma, yeşil ekonomiye geçişte inovasyon ve ekonomik büyümenin rolünü değerlendirmek için 76 ülkeden alınan veriler üzerinde yapısal denklem modellemesi kullanılarak yürütülmüştür. Çalışma kapsamında inovasyonun ulusal gelir üzerindeki etkisinin anlamlı olduğu bulunmuş; bu durum bilgi ekonomisinin yükselişi ve teknolojik gelişmelerin ekonomik büyümeye katkısı ile tutarlı olarak değerlendirilmiştir. Bu sonuç, Hasan ve Tucci (2010) ve Elverdi ve Atik (2021) gibi literatürdeki çalışmaları desteklemekte ve inovasyonun ekonomik kalkınmanın temel belirleyicilerinden biri olduğunu ortaya koymaktadır.

Ancak çalışmanın bulgularından biri, enerji geçişi (yeşil gelecek endeksi) ile inovasyon ve milli gelir arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olmamasıdır. Bu sonuç, Barbier (2011)'in yeşil büyümenin tek başına sürdürülebilir kalkınmayı garantilemediği ve Gibbs & O'Neill (2016), "yeşil ekonomi" ye geçişin yalnızca teknolojik yenilikle değil, aynı zamanda toplumsal değişim ile gerçekleşeceği görüşü ile uyumludur. Ayrıca, yine bu sonuç, Yücel (2021)'in açık inovasyonun tek başına çevresel çıktılar üzerinde yeterli olmayabileceğine ve Özçağ & Hotunluoğlu (2015)'nin yeşil ekonomi anlayışında politika düzeyinde alınan kararların yeterince sahaya yansımadağı yönündeki eleştirisiyle paraleldir.

İnovasyon ve ekonomik refahın tek başına enerji geçişini (örneğin fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye geçiş) doğrudan belirlemeye yeterli olmamasının olası nedenleri aşağıda özetlenmiştir:

Birincisi, enerji geçiş süreci çok katmanlıdır ve yalnızca ekonomik veya teknolojik gelişmeler tarafından değil, aynı zamanda kamu politikaları, düzenleyici çerçeve, toplumun çevresel farkındalığı ve enerji altyapısının yapısı gibi diğer faktörler tarafından da şekillendirilir.

İkincisi, çalışmada enerji geçişi, "yeşil gelecek endeksi" ile temsil edilmiştir. Bu endeks, biyoyakıt tüketimini içermekle birlikte, klasik ve yeni nesil biyoyakıtlar arasında ayırım yapmamaktadır. Oysa inovasyon seviyesi arttıkça yeni nesil biyoyakıtların (örneğin alg tabanlı, ikinci nesil biyoyakıtlar) kullanımının artması; inovasyon seviyesi düştükçe ise daha geleneksel biyoyakıtların (tezek, odun vb) tercih edilmesi beklentilere uygundur. Bu ayırımın yapılmaması, enerji geçişinin doğası hakkında daha hassas ve anlamlı sonuçlar elde edilmesini güçleştirmiş olabilir.

Üçüncüsü, yenilik düzeyini ölçmek veya daha genel teknolojik gelişmeyi yansıtmak için kullanılan göstergelerin sınırlı çeşitliliği, çevresel yenilikleri yeterince temsil etmemiş olabilir.

İnovasyonun, bilgi işlem ürünleri ihracatını anlamlı şekilde yordamaması çalışmanın bulgularından biridir. Bilgi işlem ürünleri, yüksek teknoloji gerektiren ancak aynı zamanda ölçek ekonomilerinden etkilenen ürünlerdir. Bir ülke inovatif olsa bile, üretim altyapısı yetersizse veya rekabetçi işgücü ve tedarik zinciri yoksa ihracat hacmi düşük kalabilir. Örneğin Finlandiya ve İsrail inovatif olmakla birlikte BİT ihracatında Çin, Kore ya da Vietnam kadar güçlü değillerdir. Bu sonuç, Barbier (2011) ve Gibbs & O'Neill (2016) gibi sürdürülebilir kalkınma veya yeşil inovasyonun doğrudan ticari performansa her zaman yansımadağını vurgulayan çalışmalarla paraleldir. Ayrıca, inovatif becerinin ölçülmesinde daha çok sayıda

değişken (ARGE personeli, patent sayısı vb) kullanılması farklı bir “inovasyon” kavramı oluşmasına ve bilgi işlem ihracatının anlamlı yordanmasına yol açabilecektir.

Bu nedenle, inovasyonun ve ulusal gelirin enerji dönüşümü üzerindeki etkisini daha doğru bir şekilde değerlendirmek için gelecekteki çalışmalara yönelik öneriler şunlardır:

- Yeşil inovasyonu doğrudan ölçen göstergelerin kullanılması,
- Biyoyakıtlar gibi enerji türlerinin detaylandırılması,
- Kamu politikalarının ve çevre düzenlemelerinin etkisini içeren yapısal modeller oluşturulması

Bu çalışmanın literatüre katkısı, inovasyon, ulusal gelir ve yeşil ekonomi arasındaki ilişkiyi çok ülkeli bir örneklemde yapısal bir model çerçevesinde ele alması ve bu alanlardaki boşluklara ışık tutmasıdır. Özellikle inovasyonun enerji dönüşümü üzerindeki etkisinin anlamlı olmaması, literatürde sıklıkla varsayılan "daha fazla inovasyon = daha fazla çevresel dönüşüm" anlayışının her zaman geçerli olmayabileceğini ve bu ilişkinin daha karmaşık, çok boyutlu faktörlere bağlı olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda çalışma, yeşil dönüşüm araştırmalarında kullanılan göstergelerin çeşitlendirilmesi ve daha spesifik tanımlanması gerektiğini ortaya koymakta; hem mevcut akademik literatürü eleştirel bir bakış açısıyla sorgulamaktadır hem de politika yapıcılar için dikkate değer bulgular sunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Aguilera-Caracuel, J. & Ortiz-de-Mandojana, N. (2013). Green innovation and financial performance: An institutional approach. *Organization & Environment*, 26(4), 365-385.
- Barbier, E. (2011). The policy challenges for green economy and sustainable economic development. *Nat Resour Forum*, 35, 233-245.
- Barış, S. (2022). Ekonomik politika belirsizliğinin inovasyon üzerindeki etkisi: OECD ülkeleri için ampirik bir araştırma. *Verimlilik Dergisi*, 4, 707-722.
- Börüban, C. ve Özgür Güler, E. (2022). Sağlık sistemi belirleyicileri ve göstergeleri üzerine bir yol analizi çalışması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(4), 1602-1629.
- Broughel, J. & Thierer, A. D. (2019). Technological innovation and economic growth: A brief report on the evidence. *Mercatus Research Paper*.
- Dillon, W.R., Kumar, A., Mulani, N. (1987). Offending estimates in covariance structure analysis: comments on the causes of and solutions to Heywood cases. *Psychological Bulletin*, 101(1), 126-135
- Elverdi, S. ve Atik, H. (2021). İnovasyon ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin analizi: bir yapısal eşitlik modellemesi. *Pearson Journal*, 6(10), 183-205.
- Farooq, R. (2022). Heywood cases: possible causes and solutions. *International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies*, 14(1), 78-88.
- Freeman, C., & Soete, L. (1997). *The Economics of Industrial Innovation*. MIT Press, Cambridge.
- Gevher, R. ve Acet, H. (2023). Avrupa Birliğinde sürdürülebilir kalkınma ve yeşil ekonominin gelişimi. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(1), 224-253.
- Gibbs, D. & O'Neill, K. (2016) Future green economies and regional development: a research agenda. *Regional Studies*, 51(1), 161-173.
- Grossman, G. M., & Helpman, E., (1994). Endogenous innovation in the theory of growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 23-44.
- Gülmez, A. ve Akpolat, A. G. (2014). AR-GE, inovasyon ve ekonomik büyüme: Türkiye ve AB örneği için dinamik panel veri analizi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 1-17.

- Hammer, J. & Pivo, G. (2017). The triple bottom line and sustainable economic development theory and practice. *Economic Development Quarterly*, 31(1), 25-36.
- Hasan, I. & Tucci, C. L. (2010). The innovation–economic growth nexus: Global evidence. *Research Policy*, 39(10), 1264-1276.
- Kavak, Ç. (2009). *Bilgi Ekonomisinde İnovasyon Kavramı ve Temel Göstergeleri*. Akademik Bilişim, 9, 617-628.
- Kuşat, N. (2013). Yeşil sürdürülebilirlik için yeşil ekonomi: avantaj ve dezavantajları – Türkiye incelemesi. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 8(29), 4896-4916.
- Latruffe, L., Diazabakana, A., Bockstaller, C., Desjeux, Y., Finn, J., Kelly, E., Ryan, M. & Uthes, S. (2016). Measurement of sustainability in agriculture: A review of indicators. *Studies in Agricultural Economics*, 118(3), 123-130.
- Li, Q. & Qamruzzaman, M. (2023). Innovation-led environmental sustainability in Vietnam—Towards a green future. *Sustainability*, 15(16), 12109.
- Maiyaki, A. A. (2012). Statistics for social science: Structural equation modeling approach. *Elixir Soc.Sci* (49), 9930-9934.
- Miller, P., de Barros, A. G., Kattan, L. & Wirasinghe, S. C. (2016). Public transportation and sustainability: A review. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20(3), 1076-1083.
- OECD (2007). *Growth: Rationale For An Innovation Strategy*. Statistical Office of the European Communities, Luxembourg.
- Owusu, P. A. & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Engineering*, 3(1), 1167990.
- Özçağ, M. ve Hotunluoğlu, H. (2015). Kalkınma anlayışında yeni bir boyut: Yeşil ekonomi . *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* , 13 (2) , 303-324.
- Özgür Güler, E., ve Veysikarani, D. (2018). OECD ülkelerinin inovasyon göstergeleri açısından çok değişkenli istatistiksel analizlerle karşılaştırılması. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(2), 157-168.
- Pece, A. M., Simona, O. E. O. & Salisteanu, F. (2015). Innovation and economic growth: An empirical analysis for CEE countries. *Procedia Economics and Finance*, 26, 461-467.
- Petrescu, M. (2013). Marketing research using single-item indicators in structural equation models. *Journal of marketing Analysis*, 1, 99-107.
- Poon, W. Y., Leung, K. & Lee, S. Y. (2002) The comparison of single item constructs by relative mean and relative variance. *Organizational Research Methods*, 5(3), 275–298.
- Schiederig, T., Tietze, F. & Herstatt, C. (2012). Green innovation in technology and innovation management—an exploratory literature review. *R&D Management*, 42(2), 180–192.
- West, S. G. & Taylor, A. B. (2012). Model Fit and Model Selection in Structural Equation Modelling.. *Handbook of Structural Equation Modeling*, 1(1), 209-231.
- Yeşilorman, M. ve Koç, F. (2014). Bilgi toplumunun teknolojik temelleri üzerine eleştirel bir bakış. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 117-133.
- Yılmaz, V. ve Doğan, A. (2017). Türkiye'nin yeşil büyüme uygulamalarının etkinliği. *The Journal of Academic Social Science*, 57(57), 277-295.
- Yılmaz, V. (2018). Sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme arasındaki ilişki. *Journal of International Management Educational and Economics Perspectives*, 6(2), 79-89.
- Yücel, D. (2021). İnovasyonun yeni yüzü: açık yeşil inovasyon. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 17(2), 419-441.

ÇEVRESEL SORUNLARA GENÇLERİN BAKIŞ AÇISI: ADANA İLİ ÖRNEĞİ

The Perspective of Youth on Environmental Issues: The Case of Adana Province

Esma ZEREYALP¹ 

Gülşen KIRAL² 

How to Cite This Article

Zereyalp, E. & Kırall, G.
(2025). "Çevresel
Sorunlara Gençlerin
Bakış Açısı: Adana İli
Örneği" IQR Journal of
Applied Statistics in
Social Science, (e-
ISSN:3062-3871) Vol:2,
Issue:1; pp:39-48.

Arrival: 1 July 2025

Published: 1 August 2025

ÖZET

Bu çalışma, Adana ilinde öğrenim gören üniversite öğrencilerinin çevresel sorunlara ilişkin algı düzeylerini ve ekolojik ayak izi farkındalıklarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çevre sorunlarına yönelik bireysel tutumların ve sürdürülebilirlik bilincinin genç nüfus üzerindeki yansımalarının analiz edilmesi, gelecekteki çevre politikalarının şekillenmesine katkı sunabilecektir. Araştırmada, tesadüfi örnekleme yöntemiyle belirlenen 546 üniversite öğrencisinden toplanan veriler SPSS 25.0 paket programı aracılığıyla Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonucunda çevre algısını şekillendiren yedi temel boyut belirlenmiştir: ekonomik ulaşım, bilinçli tüketim tercihleri, enerji tasarrufu, çevre dostu planlama, atık yönetimi, çevresel duyarlılık ve küresel etki sorunsalı. Bu bulgular, gençlerin çevresel sorunlara ilişkin algılarında yapısal faktörlerin etkili olduğunu göstermektedir. Araştırma sonuçları, üniversite öğrencilerinin çevresel bilinç düzeylerinin artırılmasına yönelik eğitimsel ve yönetsel stratejilerin gerekliliğine işaret etmektedir. Çalışma, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada genç bireylerin rolüne dair önemli bulgular sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çevre Sorunları, Ekolojik Ayak İzi, Faktör Analizi.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the perception levels of environmental issues and ecological footprint awareness among university students studying in Adana, Türkiye. By analyzing young individuals' attitudes toward environmental problems and their awareness of sustainability, the research seeks to contribute to shaping future environmental policies. The data, collected from 546 university students selected through a random sampling method, were analyzed using Exploratory Factor Analysis (EFA) via the SPSS 25.0 software. The analysis revealed seven core dimensions influencing environmental perception: economic transportation, conscious consumption preferences, energy conservation, eco-friendly planning, waste management, environmental sensitivity, and global impact issues. These findings indicate that structural factors significantly shape students' environmental awareness. The results emphasize the need for educational and administrative strategies to enhance the environmental consciousness of university students. This study provides valuable insights into the role of young individuals in achieving sustainable development goals.

Keywords: Environmental Problems, Ecological Footprint, Factor Analysis.

1. Giriş

İnsanoğlu yaşamını idame ettirebilmesi için doğaya ve gezegene bağlıdır. Bu durum insanların; doğal kaynakları hiç tüketmeyecek gibi bilinçli veya bilinçsizce aşırı ve rastgele kullanmasına yol açmış ve bunun sonucu olarak evren üzerinde geri dönüşü olmayan tahribatlar meydana gelmiştir.

* Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Bilim Dalında, Prof. Dr. Gülşen Kırall danışmanlığında, Esma Zereyalp tarafından hazırlanmakta olan yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Çukurova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Adana, Türkiye. ORCID: 0009-0007-4434-5923

² Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü İstatistik Ana Bilim Dalı, Adana, Türkiye. ORCID: 0000-0001-2345-6789

Gerçekleşen tahribatlardan dolayı bilim insanları evrene verilen hasardan ziyade insanoğlunun biyolojik kapasitenin (toprak, su, bitki örtüsü vb.) ne kadarını tükettiği üzerinde durmaktadır.

Doğa ve insan arasındaki ilişki, tarih öncesi dönemlerde insanın yerleşik hayata geçmesiyle ve ihtiyaçlarını karşılamak için çevresine çeşitli şekillerde müdahale etmesiyle bozulmaya başlamıştır. İnsan yaşamı zamanla değişse de, doğaya verdiği zararlar ve etkileri bugüne kadar farklı biçimlerde devam etmiştir. Özellikle son 200 yıl içinde Avrupa’da yaşanan endüstrileşme, bugün dünya genelinde iklim değişikliği gibi tehditlerin oluşmasında önemli bir rol oynamıştır (Gökdayı, 1997).

Kentleşme ve sanayileşmenin getirdiği üretim ve tüketim sorunları, motorlu taşıt sayısındaki artışın yanı sıra katı atık ve fosil yakıt kullanımındaki yükselişle birlikte hava kirliliğinin önemli derecede artmasına sebep olmuştur. Gelişmiş ülkeler, sahip oldukları teknolojilerle bu çevresel sorunları çözme kapasitesine sahipken, gelişmekte olan ülkelerde sanayi kaynaklı kirlilik ve geri kalmış teknolojiler, hava ve su kirliliği gibi ciddi fiziksel kirlenmelere yol açmaktadır. Hızla artan nüfus, düzensiz kentleşme ve yetersiz altyapı, doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı daha da artırmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir bir gelecek için çevresel sorunlarla etkin bir şekilde başa çıkmak ve doğal kaynakları koruma bilincini geliştirmek elzemdir. Sanayi devrimine kadar ise yaşanan bu tahribatlara ve doğada meydana gelen tehlikelere karşı hiçbir eğilim oluşmamıştır (Dinler, 2003, s. 288).

Zamanla, insanların kaynakları tüketme ve çevreyi kirlileme hızının, doğanın kendini yenileyebilme hızından çok daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, doğanın kirliliği kendi kendine yok edemeyeceği sonucuna varılmasına neden olmuştur. Tehlikeler gözle görülür ve ihmal edilemez boyutlara ulaştığında ise toplumlar, bu sorunu çözmek amacıyla çeşitli politikalar geliştirmeye yönelmişlerdir.

Bu çalışma, Adana ili genelindeki üniversite öğrencilerine; tesadüfi örneklem yöntemi kullanılarak elde edilen 546 veri üzerinden yapılmıştır. Çalışmada bireylerin çevre sorunlarını algılama düzeyleri ve ekolojik ayak izi farkındalıkları araştırılmıştır. Çalışma, SPSS paket programı yardımıyla Faktör Analizi kullanılarak yapılmıştır. Öğrencilerin ekolojik farkındalıklarını etkileyen faktörler sürdürülebilirlik kavramı ile ele alınmış ve ilk ölçekteki değişkenler 5 alt boyuta, ikinci ölçekteki değişkenler ise 2 alt boyuta indirgenerek yorumlanmıştır.

Adana’da eğitim alan YÖK’e kayıtlı üniversite öğrencilerine dayalı olarak yapılan bu çalışma ile öğrencilerin Çevresel Sorunları Algılama düzeyleri ve Ekolojik Ayak İzi Farkındalık Düzeyleri tespit edilmiş ve üniversite öğrencilerinin çevresel konulara bakış açılarının ne olduğu, benzer ve farklı yönlerin neler olduğu hakkında çıkarımlar yapılmıştır. Yapılan görüşmeler ile öğrencileri daha da bilinçlendirmemiz ve derlenen verilerin yapılan analiz sonucunda Adana gençleri için nelere daha çok dikkat etmesi gerektiği ile ilgili bir yol haritası oluşturulabileceğinden dolayı ayrı bir önem arz etmektedir.

Çalışma Adana ilinde öğrenim gören üniversite öğrencilerini kapsamaması sebebiyle elde edilen bulgular Türkiye geneline doğrudan genellenemeyebilir. Ayrıca çalışmada kullanılan veri toplama araçları öz-bildirimlere dayandığı için katılımcı yanıtlarında sosyal istenirlik yanlılığı riski bulunmaktadır. Bu sınırlılıklar, gelecekte yapılacak araştırmalar için örneklem çeşitliliğini ve metodolojik farklılıkları teşvik edici bir çerçeve sunmaktadır.

2. Teorik Çerçeve ve Ekolojik Ayak İzi Kavramı

Küresel ölçekte giderek derinleşen çevre sorunları yalnızca doğal kaynakların tükenmesi ve ekosistemlerin zarar görmesiyle sınırlı kalmayıp, insan sağlığı, gıda güvenliği ve sosyal adalet gibi alanlarda ciddi tehditler oluşturmaktadır. Hızla artan nüfus, kontrolsüz kentleşme, sanayi faaliyetleri ve fosil yakıt tüketimine dayalı enerji politikaları, iklim değişikliği, biyolojik çeşitliliğin azalması ve çevresel kirlilik gibi krizlerin temel sebepleri arasında yer almaktadır (Özgen ve Demirci Aksoy, 2017). Ancak bu sorunlar yalnızca makro düzeyde politik müdahalelerle değil, bireysel farkındalık ve davranış değişiklikleri ile de çözülebilir. Çevresel sürdürülebilirlik için her bireyin kendi ekolojik ayak izini azaltma çabası ve toplumsal farkındalığın artırılması hayati önem taşımaktadır. Doğa ile uyumlu bir yaşam kültürünün yaygınlaşması, geleceğin ekosistemleri ve insan topluluklarının refahı açısından kritik bir gereklilik haline gelmiştir.

Son yıllarda, çevre sorunlarının insanlık üzerindeki etkileri giderek daha fazla önem kazanmıştır. Geçmişte yalnızca hava, su ve toprak kirlenmesi olarak görülen çevre sorunlarının, zamanla bitki örtüsü

ve hayvan topluluklarının yok olmasına kadar uzanmıştır. Toksik atıkların ve ozon tabakasının incelmeye, doğadaki biyolojik çeşitliliğin bozulmasıyla bazı canlı türlerinin yok olmasına, deniz ve okyanusların kirlenmesine ve iklim değişikliklerine kadar uzandığı görülmüştür (Keleş, Hamamcı, & Çoban, 2016, s. 35-40).

Günümüzde herkesin kabul ettiği bir gerçek, dünya ikliminin gittikçe bozulmaya başladığıdır. Bu bozulmanın önüne geçmek için gerekli önlemler alınmadığı sürece bozulmalar daha da artacak ve gerek ekonomik gerekse ekolojik olarak daha fazla olumsuz sonuçlarla karşı karşıya kalınacaktır. Küresel olarak başlıca çevresel sorunlar, hava kirliliği, su kirliliği, toprak kirliliği ve küresel ısınma olarak sıralanabilir. Bunlara dayalı olarak ekolojik ayak izi kavramı incelenmiştir.

Ekolojik ayak izi (EAI), tüketilen kaynakların yeniden üretimi ve oluşan atıkların giderilmesi için kullanılan verimli toprak ve su alanını ifade etmektedir (Keleş, 2010). Bu kavram, insanların gıda, enerji, su ve diğer doğal kaynakları ne kadar kullandığını ve aynı zamanda atmosfere ne kadar sera gazı salındığını hesaplayarak ekosistemlerin yenilenme kapasitesine karşılık tüketim oranını kıyaslar. Tarım arazileri, ormanlar, otlaklar, balıkçılık alanları ve karbon emilimini sağlayan ekosistemler gibi biyolojik olarak üretken alanlar, ekolojik ayak izi hesaplamalarında temel faktörlerdir. Ancak, dünya genelinde artan nüfus, sanayileşme ve kentleşme ile birlikte bu kaynaklara yönelik talep, doğanın kendini yenileme kapasitesini aşmıştır. ‘Dünya Limit Aşımı Günü’ gibi göstergeler, insanlığın yıllık kaynak bütçesini yılın daha erken dönemlerinde tükettiğini ortaya koymaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerin kişi başına düşen ekolojik ayak izi, yoksul ülkelere kıyasla çok daha yüksektir; bu durum, küresel düzeyde adaletsiz bir kaynak tüketimi örüntüsü yaratmaktadır.

Ekolojik Ayak İzi kavramı, ilk kez 1992 yılında William E. Rees tarafından ortaya atılmıştır (Caba, 2021). Bu kavram ve onunla ilişkili hesaplama yöntemleri, Dr. Mathis Wackernagel’in doktora tezi sırasında geliştirilmiştir. Çalışmada elde edilen ölçüm, Ekolojik Ayak İzi olarak adlandırılmıştır (Wackernagel ve Rees, 1996).

Ekolojik ayak izi hesaplanırken tüketim faaliyetleri 6 temel başlık ile sınıflandırılır. Bunlar; karbon ayak izi, tarım arazisi ayak izi, orman ayak izi, otlak ayak izi, yapılaşmış alan ayak izi ve balıkçılık sahası ayak izidir (Yaşayan Gezegen Raporu, 2010).

Türkiye’nin ekolojik ayak izi, küresel ortalamalarla kıyaslandığında yüksek seyretmekte olup, kaynak kullanımında dışa bağımlılık da bu baskıyı artıran unsurlar arasındadır. Buna karşılık, yenilenebilir enerji yatırımları, sürdürülebilir şehir planlama projeleri ve çevre bilincini artırmaya yönelik politikalar, bu izleri azaltmak için umut verici adımlar sunmaktadır. Ancak, ekolojik ayak izi farkındalığının toplumun her kesiminde yaygınlaşması ve politika yapıcıların uzun vadeli çevresel stratejilere daha fazla öncelik vermesi, sürdürülebilir bir gelecek için büyük önem taşımaktadır.

3.Literatür Araştırması

Türkiye’de çevre politikaları, özellikle son yıllarda çevre mevzuatının güçlendirilmesi, atık yönetimi sistemlerinin iyileştirilmesi ve üniversitelerde çevre eğitimiyle ilgili yapılan düzenlemeler yoluyla genç bireylerin çevresel tutumlarını etkileme potansiyeline sahiptir. Bu doğrultuda, bu çalışmada çevresel farkındalığın yalnızca bireysel tutum ve değerlerle değil, aynı zamanda içinde bulunulan politika ortamıyla da nasıl şekillendiği dolaylı olarak ele alınmıştır. Literatürde ekolojik ayak izi ile ilgili yapılmış çalışmaların incelenmesi yerinde olacaktır.

Dinç (2015), ekolojik ayak izi kavramını sürdürülebilir kalkınma göstergesi bağlamında ele almış ve bu göstergenin Türkiye’nin sürdürülebilir kalkınma süreci içerisindeki yerini incelemiştir. Türkiye’nin karbon salınımı azaltılabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesinin gerekliliği vurgulanmaktadır. Türkiye’nin de dâhil olduğu kalkınma düzeyi farklılık gösteren ülkelerde, biyokapasitenin üzerinde gerçekleşen tüketim nedeniyle ekolojik açık sorunu giderek daha belirgin hâle gelmektedir.

Erden Özsoy ve Dinç (2016) tarafından yürütülen çalışmada, sürdürülebilir kalkınmanın temel göstergelerinden biri olan ekolojik ayak izi değerlendirilmiş; özellikle ölçüm sürecinde karbon ayak izinin %55’lik oranla en belirleyici bileşen olduğu vurgulanmıştır.

Özgen ve Demirci Aksoy (2017), Ankara ilinin farklı ilçelerinde ikamet eden 385 tüketiciyi kapsayan araştırmalarında, bireylerin ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada tabakalı ve basit tesadüfi örnekleme yöntemleri birlikte kullanılmış; en yüksek farkındalığın gıda alt boyutunda, en düşük farkındalığın ise enerji alt boyutunda olduğu tespit edilmiştir.

Ghita, Saseanu, Gogonea ve Petrescu (2018), Avrupa Birliği ülkelerinde çevresel ayak izi davranış kalıplarını, inovasyon düzeyi, ekonomik özgürlük derecesi ve AB üyelik statüsü bağlamında tahmin etmeyi amaçladıkları çalışmalarında, orantısız kümülatif lojistik regresyon modelini kullanmışlardır. Araştırma bulguları, istihdam oranı ve eko-inovasyon endeksinin ekolojik ayak izi üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Günel, Yücel Işıldar ve Atik (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, üniversite öğrencilerinin ekolojik ayak izini azaltmaya yönelik eğilimleri incelenmiş; biyoloji öğrencilerinin mühendislik öğrencilerine kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek bir eğilim sergiledikleri belirlenmiştir.

Bakan (2020), fen bilgisi öğretmen adaylarının çevreye yönelik tutumlarını belirlemeyi amaçladığı çalışmada, Taflı ve Ateş (2016) tarafından geliştirilen 18 maddelik çevre tutum ölçeğini kullanmıştır. Bulgular, cinsiyet ve sınıf düzeyine göre anlamlı bir farklılık ortaya koymazken, çevre ile ilgili sivil toplum kuruluşlarına üye olma durumunun tutumlar üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Kurt (2020), ortaokul 3. ve 4. sınıf öğrencilerinin karbon ayak izi ve sürdürülebilirlik konularına ilişkin farkındalık ve bilgi düzeylerini ölçmeyi hedeflediği çalışmada, öğrencilerin sürdürülebilirliğe yönelik farkındalık düzeylerinin orta düzeyde olduğu; alt boyutlar ile cinsiyet arasında ise anlamlı bir farklılık bulunmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Yavuz (2021), 1994-2017 yılları arasındaki verilerden yararlanarak gerçekleştirdiği çalışmada, zaman serisi regresyon analizi kullanarak Türkiye’de çevre kirliliğini etkileyen değişkenleri incelemiştir. Bulgular, çevre vergilerinin hem çevresel bozulma üzerinde hem de ekolojik ayak izi düzeyinde anlamlı etkiler yarattığını göstermiştir.

Kazazoglu ve Erkal (2022), Hacettepe Üniversitesi Beytepe Kampüsü’nde yürüttükleri çalışmalarında, üniversite öğrencilerinin çevre bilinci ve çevresel sorunlara yönelik davranışlarını analiz etmişlerdir. Araştırma bulgularına göre, öğrencilerin çevresel bilinç ve davranış düzeyleri; cinsiyet, aile gelir düzeyi, sınıf kademesi, ebeveyn eğitimi, çevresel bilgi kaynakları ve çevre eğitimi geçmişi gibi değişkenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Kapçak (2024), BRICS-T ülkelerinde işsizlik ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi değerlendirmeyi amaçlamıştır. 2000–2022 dönemine ait verilerle gerçekleştirilen analiz sonucunda, işsizlik ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izini artırdığı, yenilenebilir enerji tüketiminin ise bu etkiyi azalttığı yönünde anlamlı bulgular elde edilmiştir.

Koçak (2024), yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye’deki ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini incelediği çalışmada, bu enerji türlerinin kullanımının ekolojik ayak izini azalttığını ve gezegenin biyolojik taşıma kapasitesini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur.

Yöyen (2024), çalışmada Türkiye bağlamında teknolojik yeniliklerin ve doğal kaynak kullanımının ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini analiz etmeyi amaçlamıştır. Toda-Yamamoto nedensellik testiyle elde edilen bulgular, her iki değişkenin de doğrudan etkili olmadığını ortaya koyarken, çevresel baskının teknolojik yenilikleri tetiklediği yönünde bulgulara ulaşılmıştır.

Mola, Şahin Kutlu ve Sumer Adin (2025), çalışmalarında genç bireylerin ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerini ölçmeyi amaçlamışlardır. Araştırmada Ekolojik Ayak İzi Farkındalık Ölçeği kullanılmış ve 437 genç bireyden elde edilen veriler analiz edilmiştir. Sonuçlar, gençlerin genel farkındalık düzeylerinin anlamlı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, katılımcıların enerji tüketimine ilişkin farkındalık düzeylerinin yüksek, gıda tüketimine ilişkin farkındalıklarının ise görece düşük olduğu belirlenmiştir ve demografik değişkenlerin farkındalık üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı saptanmıştır.

Göger ve Uçan (2025), çalışmada, Batı Avrupa ülkelerinde 2000-2022 dönemi için Kirlilik Halesi Hipotezi, panel veri yöntemiyle test etmiştir. Elde edilen sonuçlar, Doğrudan Yabancı Yatırımcıların ekolojik ayak izi üzerinde iyileştirici etkisinin bulunduğunu ancak bu etkinin sınırlı düzeyde kaldığını göstermektedir. Bunun nedeni, Batı Avrupa'daki sıkı çevre politikalarının hâlihazırda yüksek standartlarda çevresel koruma sağlamasıdır. Ancak, çevreci yatırımların finansal teşviklerle desteklenmesi durumunda DYY'nin çevresel performansa katkısının daha da güçlenebileceği değerlendirilmektedir.

Nasırlı ve Behdioğlu (2025), çalışmalarında Türkiye'de küreselleşme ve enerji tüketiminin karbon temelli ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini çevresel sürdürülebilirlik bakış açısıyla incelemişlerdir. 1981–2022 dönemine ait veriler, STIRPAT modeli çerçevesinde ve ARDL sınır testi yöntemiyle analiz edilmiştir. Bulgular, incelenen değişkenler arasında hem kısa hem de uzun vadeli anlamlı ilişkiler olduğunu ortaya koymuş; Granger nedensellik analizine göre ise bazı değişken çiftleri arasında istatistiksel olarak anlamlı nedensel bağlar saptanmıştır.

Çil Koçyiğit, Güngör Tanç ve Temelli (2025), İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi bünyesinde sürdürülebilirlik temalarının yer aldığı dersleri alan öğrencilerin ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerini belirlemeyi ve bu farkındalığın çeşitli demografik değişkenlerle olan ilişkisini incelemeyi amaçlamışlardır. Elde edilen bulgular, öğrencilerin genel ekolojik ayak izi farkındalıklarının yüksek olduğunu ortaya koyarken, bazı demografik faktörler ile farkındalık düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu bulmuşlardır.

4. Yöntem ve Analiz

Adana ili genelindeki üniversite öğrencilerine; tesadüfi örneklem yöntemi kullanılarak elde edilen 546 veri üzerinden yapılmıştır. Çalışmada bireylerin çevre sorunlarını algılama düzeyleri ve ekolojik ayak izi farkındalıkları araştırılmıştır. Çalışma, SPSS paket programı yardımıyla Faktör Analizi kullanılarak yapılmıştır. Araştırmada Okur-Berberoglu (2020) Ekolojik Zeka Ölçeği ve Tekindal ve ark. (2021) Ekolojik Ayak İzi Farkındalık Ölçeği kullanılmıştır.

4.1. Faktör Analizi

Faktör analizi, birbiriyle ilişkili olduğu varsayılan gözlenebilir ve ölçülebilir birçok değişken arasındaki bağlantıları anlamamıza ve yorumlamamıza olanak tanır. Aynı zamanda, bu değişkenlerin daha az sayıda anlamlı boyutta özetlenmesini sağlayarak gözlemlenemeyen, doğrudan ölçülemeyen gizli faktörleri ortaya çıkaran çok değişkenli analiz tekniğidir. Analiz sonrası boyut indirgenmiş, bağımlılık yapısı yok edilmiş ve minimum sayıdaki faktör ile ilgi duyulan kavramdaki değişim en iyi şekilde açıklanmış olur. Kullanım amacına göre, Açıklayıcı (keşif amaçlı) ve Doğrulayıcı Faktör Analizi olarak iki ayrı başlıkta ele alınırlar.

Faktör analizinin uygulanabilmesi için verilerin doğru ölçülmüş, gözlem sayısının yeterli, çok değişkenli normal dağılımdan gelmiş, doğrusallık özelliğine sahip, en az eşit aralıklı ölçekle ölçülmüş, değişkenlerin birbiriyle ilişkili ve iki değişkenli normal dağılıma uygun olması gereklidir. Faktör analizinin uygulanabilmesi için, örneklem büyüklüğünün değişken sayısının 5-10 katı büyüklükte olması gerektiği bilinir. Faktör Analizi dört adımda yapılır:

1. Verinin faktör analizine uygunluğu test edilir.
 - Değişkenler arasında yüksek orantılı ilişki olup olmadığını (Barlett Küresellik Testi) ve örneklem yeterli olup olmadığı (Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testi) kontrolünün yapılması gereklidir.
2. İlişkisiz olduğu belirlenen değişkenler analizden çıkarılır.
 - Değişkenler analizden çıkarıldıktan sonra, KMO ve Barlett Küresellik testleri yeniden yapılır. Veri setinin uygunluğu ölçülür.
3. Faktör sayısı belirlenir ve araştırma amacına uygun kısıtlar altında faktörler belirlenir.
 - Faktör sayısı; özdeğere, yamaç (Scree) grafiğine veya varyans açıklama oranına göre belirlenir.

4. Bulunan faktörler daha iyi yorumlanabilmesi için rotasyon işlemi yapılır ve son olarak faktörler isimlendirilir.
 - Faktör döndürme sonrasında, faktörler kendileriyle yüksek korelasyona sahip maddeleri tespit eder ve böylece yorumlamayı kolaylaştırır. Rotasyonun amacı, maddelerin hangi faktörlerde yoğunlaştığını daha net bir şekilde belirlemektir. Bir değişkenin hangi faktör altında yük değeri yüksekse, o faktörle ilişkilendirilir. (Tabachnick ve Fideli, 2001)

Çalışmada Açıklayıcı Faktör Analizi kullanılmıştır.

4.2. Bulgular

4.2.1. KMO ve Bartlett Küresellik Testi

Faktör analizine başlamadan önce, veri setinin analize uygunluğunu (örneklemenin yeterliliğini ve değişkenler arasında ilişkiyi) test etmek amacıyla KMO ve Bartlett Küresellik Testleri yapılmıştır.

Tablo 1: KMO ve Bartlett Küresellik Test Sonucu

KMO and Bartlett's Test – Birinci Ölçek			KMO and Bartlett's Test – İkinci Ölçek		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,960	Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,928
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	8928,839	Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	2752,627
	df	435		df	66
	Sig.	,000		Sig.	,000

Tablo 1’de de görüldüğü gibi, birinci ölçek için; KMO (,960) ve Bartlett (sig:,000) - ikinci ölçek için; KMO (,928) ve Bartlett (sig:,000) çıkmıştır. Test sonuçları verinin faktör analizine uygun olduğunu göstermektedir.

Tablo 2: Faktör Analizi Sonuçları (İlk Ölçek)

Alt Boyut Başlığı	Soru No	Faktör Yükleri				
		1	2	3	4	5
Ekonomik Ulaşım	S18	,794				
	S21	,761				
	S19	,694				
	S22	,562				
	S20	,559				
	S27	,554				
Bilinçli Tüketim Tercihleri	S28		,654			
	S29		,639			
	S24		,618			
	S23		,613			
	S30		,588			
	S26		,571			
	S25		,526			
Enerji Tassarrufu	S6			,764		
	S4			,685		

	S3	,619	
	S5	,600	
	S7	,534	
	S1	,472	
	S8	,406	
Çevre Dostu Planlama	S11	,743	
	S10	,739	
	S12	,690	
	S9	,629	
	S2	,493	
Atık Yönetimi	S14	,715	
	S13	,631	
	S16	,583	
	S17	,579	
	S15	,480	

1. Faktör 1 ile ilgili S18,S19,S20,S21,S22,S27 soruların ekonomik ulaşım ile ilgili olduğu görülüp birinci faktöre “Ekonomik Ulaşım” ismi verilmiştir.
2. Faktör 2 ile ilgili S23,S24,S25,S26,S28,S29,S30 soruların bilinçli tüketim tercihleri ile ilgili olduğu görülüp ikinci faktöre “Bilinçli Tüketim Tercihleri” ismi verilmiştir.
3. Faktör 3 ile ilgili S1,S3,S4,S5,S6,S7,S8 soruların enerji tasarrufu ile ilgili olduğu görülüp üçüncü faktöre “Enerji Tasarrufu” ismi verilmiştir.
4. Faktör 4 ile ilgili S2,S9,S10,S11,S12 soruların çevre dostu planlama ile ilgili olduğu görülüp dördüncü faktöre “Çevre Dostu Planlama” ismi verilmiştir.
5. Faktör 5 ile ilgili S13,S14,S15,S16,S17 soruların atık yönetimi ile ilgili olduğu görülüp beşinci faktöre “Atık Yönetimi” ismi verilmiştir.

Tablo 3. Faktör Analizi Sonuçları (İkinci Ölçek)

Alt Boyut Başlığı	Soru No	Faktör Yükleri	
		1	2
Çevresel Duyarlılık	S36	,732	
	S35	,704	
	S33	,692	
	S37	,676	
	S34	,618	
	S38	,540	
	S31	,523	
	S32	,466	
Küresel Etki Sorunsalı	S41		,861
	S40		,806
	S42		,759
	S39		,645

6. Faktör 6 ile ilgili S31,S32,S33,S34,S35,S36,S37,S38 soruların çevresel ile ilgili olduğu görülüp altıncı faktöre “Çevresel Duyarlılık” ismi verilmiştir.
7. Faktör 7 ile ilgili S39,S40,S41,S42 soruların küresel etki sorunu ile ilgili olduğu görülüp yedinci faktöre “Küresel Etki Sorunsalı” ismi verilmiştir.

4. Sonuç

Günümüzde artan tüketim alışkanlıkları, sanayileşme ve doğal kaynakların aşırı kullanımı, dünya genelinde ekosistemlerin taşıma kapasitesini zorlamakta ve ekolojik dengeyi tehdit etmektedir. Bu bağlamda ekolojik ayak izi, bireylerin ve toplumların doğa üzerindeki baskısını ölçen temel bir gösterge hâline gelmiştir. Hem küresel ölçekte hem de Türkiye özelinde ekolojik ayak izinin sürdürülebilirlik politikaları açısından izlenmesi, çevresel risklerin azaltılması ve gelecek nesillerin yaşam haklarının korunması açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle genç nüfusun bu konuda bilinçlendirilmesi, uzun vadeli çevre politikalarının toplumsal düzeyde benimsenmesinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Üniversite öğrencileri, bilgiye erişimleri ve toplumsal dönüşümdeki potansiyelleri itibarıyla çevresel sürdürülebilirliğin hem hedefi hem de taşıyıcısı konumundadır. Bu nedenle, genç bireylerin ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşma yolunda önemli bir adım olarak görülmektedir.

Bu araştırma, Adana'daki üniversite öğrencilerinin çevresel sorun algıları ve ekolojik ayak izi farkındalıklarını inceleyerek, gençlerin sürdürülebilir çevre bilincine yönelik mevcut durumlarını anlamayı amaçlamıştır. Üniversite öğrencilerinin çevresel sorun algısı ve ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerini değerlendirmek suretiyle, genç bireylerin sürdürülebilir yaşam pratiklerine yönelik eğilimlerini ortaya koymuştur. Faktör analizi neticesinde belirlenen yedi temel boyut; ekonomik ulaşım, bilinçli tüketim, enerji tasarrufu, çevre dostu planlama, atık yönetimi, çevresel duyarlılık ve küresel etki algısı, öğrencilerin çevreyle ilişkili davranış kalıplarının çok boyutlu bir yapıda şekillendiğini göstermektedir. Elde edilen bulgular, gençlerin çevresel farkındalığının yeterli düzeyde olmadığını ve gençlerin çevresel konularda duyarlılık seviyelerinin artırılması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca küresel düzeydeki çevresel etkilerin bireysel davranışlara yansımalarının sınırlı kaldığını ortaya koymuş ve çevresel farkındalık geliştirme konusunda daha fazla çaba harcanması gerektiği sonucuna ulaşmıştır.

Bu yönüyle çalışma, yerel düzeyde (Adana ili) gerçekleştirilen ve üniversite gençliğini merkeze alan nadir ampirik araştırmalardan biri olması açısından literatüre özgün bir katkı sunmaktadır. Ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan çevresel farkındalık çalışmalarından farklı olarak, bu araştırma genç bireylerin çevresel tutumlarını bölgesel dinamikler ışığında ele alarak hem çevre eğitimi hem de sürdürülebilir kalkınma literatürüne disiplinler arası bir perspektiften yeni bir boyut kazandırmaktadır. Ayrıca, ekolojik ayak izi farkındalığının istatistiksel analizlerle çok boyutlu olarak modellenmiş olması, yöntemsel bakımdan da çalışmayı özgün kılmaktadır.

Bu doğrultuda, üniversitelerde çevre temelli disiplinler arası ders içeriklerinin artırılması, öğrenci kulüplerinin çevreye dair projelerle desteklenmesi ve yerel yönetimlerle iş birliği içinde yürütülecek çevre duyarlılığı kampanyalarının yaygınlaştırılması önerilmektedir. Ayrıca, ekolojik ayak izinin bireysel düzeyde azaltılmasına yönelik uygulamalı eğitimlerin verilmesi, öğrencilerin sürdürülebilir davranışlara yönelmesini destekleyecektir. Elde edilen veriler, yalnızca mevcut durumu ortaya koymakla kalmayıp, üniversite gençliği özelinde sürdürülebilir çevre politikalarının geliştirilmesine de yön verebilecek nitelikte olup; bu yönüyle çalışma, gelecekte yapılacak benzer araştırmalara hem teorik hem de metodolojik anlamda sağlam bir temel oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

Akın, M. ve Akın, G. (2007). Suyun önemi, Türkiye'de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47(2),105-118.

- Bakan, H. E. (2020). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının çevreye yönelik tutumları*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Konya.
- Caba, B. (2021). *Sınıf öğretmeni adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeyleri ve çevresel tutumları (Amasya örnekleme)* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, No. 683011). Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cansaran, A. ve Yıldırım, C. (2017b). Su ve toprak kaynakları. O. Bozkurt (Ed.), *Çevre eğitimi içinde* (s. 125-152). Ankara: Pegem Akademi.
- Çil Koçyiğit, S., Güngör Tanç, Ş., & Temelli, F. (2025). Ekolojik Ayak İzi: İİBF Öğrencilerinin Farkındalığı Üzerine Bir Araştırma. *Akademik Araştırmalar Ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 17(32), 320-337.
- Çimen, M., & Öztürk, S. (2010). Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Solunum Sistemi Üzerine Etkisi ve Büyükşehir Bronşiti. *F.Ü. Sağ. Bil. Tıp Dergisi* 24(2): 141-146.
- Dinç, A. (2015). *Bir sürdürülebilir kalkınma göstergesi olarak ekolojik ayak izi ve Türkiye* (Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü). Eskişehir.
- Dinler, Z. (2003). *İktisada Giriş* (9. baskı). Bursa: Ekin Kitapevi Yayınları.
- Ghita, S., Saseanu, A., Gogonea, M. R. & Petrescu, C. E. H., (2018). *Perspectives of Ecological Footprint in European Context under the Impact of Information Society and Sustainable Development*. *Sustainability*, 10(9), 3224.
- Gökdayı, İ. (1997). *Çevrenin geleceği: Yaklaşımlar ve politikalar* (1. baskı). Ankara: Türkiye Çevre Vakfı Yayınları.
- Güçlü, Y. (2017). Ekolojik etki. Orçun Bozkurt (Ed.), *Çevre eğitimi* (5. baskı, s. 65-124) içinde. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Günel, N., Yücel Işıldar, G., & Atık, A. D. (2018). Üniversite öğrencilerinin ekolojik ayak izi azaltılması konusundaki eğilimlerinin incelenmesi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 11(4), 34-46.
- Kapçak, S. (2024). İşsizlik ve Ekolojik Ayak İzi Arasındaki İlişki: BRICST ülkeleri. *Balıkesir Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 25-38.
- Kazazoğlu, T. İ., & Erkal, S. (2022). Üniversite öğrencilerinin çevre farkındalık düzeylerinin ve çevre sorunlarına yönelik davranışlarının incelenmesi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(81), 21-42.
- Keleş, R., Hamamcı C., Çoban A. (2012). *Çevre Politikası*. Ankara: İmge Kitabevi.
- Koçak, E. (2024). Yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izi üzerine etkisi: Türkiye örneği. *Politik Ekonomik Kuram*, 8(1), 256-265.
- Kubra Göger -Okyay Uçan .(2025).Batı Avrupa Ülkelerinde Doğrudan Yabancı Yatırımların Ekolojik Ayak İzi Üzerindeki Etkisi: Panel Veri Analizi. *SOCIAL SCIENCES STUDIES JOURNAL (SSSJournal)*
- Kurt, P. (2020). *Ortaokul 7. ve 8. Sınıf Düzeyinde Ekolojik Ayak izi ve Karbon Ayak izi Konularına ilişkin durum tespiti: Bayramiç ilçesi örneği* (Tez No. 655669) [Yüksek lisans tezi, 18 Mart Üniversitesi-Çanakkale, Bayramiç]. Yükseköğretim Kurumu Ulusal Tez Merkezi.

- Mola, H., Şahin Kutlu, Ş., & Sumer Adin, S. (2025). Ekolojik Ayak İzi Farkındalığı: Türkiye’de Gençler Üzerine Bir Araştırma. *Dynamics in Social Sciences and Humanities*, 6(1), 1-9.
- Nasırlı, M., & Behdioğlu, S. (2025). Türkiye’de Küreselleşme ve Enerji Tüketiminin Karbon Ekolojik Ayak İzi Üzerindeki Etkileri: Çevresel Sürdürülebilirlik Perspektifi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* (84), 198-214.
- Özgen, U., & Demirci Aksoy, A. (2017). Tüketicilerin ekolojik ayak izi farkındalık düzeyleri (Ankara ili örneği). *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi*, 52(3), 46-65.
- Özsoy, C. E., & Dinç, A. (2015). Katılım 30 Endeksi ile BİST 100 Endeksi’nin Performanslarının Değerlendirilmesi. *Finans Politik Ve Ekonomik Yorumlar* (606), 35-55.
- Yavuz, E. (2021). Çevre vergileri ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişki: Türkiye üzerine kanıtlar. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 7(45), 1937-1945.
- Yöyen, H. T. (2024). Teknolojik Yenilik, Doğal Kaynaklar ve Ekolojik Ayak İzi Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2), 357-370.
- Zereyalp, E. (2024). Üniversite öğrencilerinin çevresel sorunlarını algılama ve ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin ekonometrik model ile incelenmesi: Adana ili örneği. (Yayınlanacak Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- WWF. (2010). Yaşayan gezegen raporu. Erişim adresi: <https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/yasayangezenraporu2010.pdf?1405>. Erişim tarihi: 15 Ekim 2024.

LİSE SON SINIF ÖĞRENCİLERİNDE MATEMATİK KONULARINA AİT BİLİŞSEL UZANTILARIN ARAŞTIRILMASI Ve İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE SUNULMASI

Tuncay DEMİR¹ 
Mehmet GÜRCAN² 

*RESEARCHING COGNITIVE EXTENSIONS OF MATHEMATICAL
SUBJECTS IN HIGH SCHOOL STUDENTS AND PRESENTING THEM
WITH STATISTICAL METHODS*

How to Cite This Article

Demir, T. & Gürcan, M.
(2025). "Lise Son Sınıf
Öğrencilerinde Matematik
Konularına Ait Bilişsel
Uzantıların Araştırılması
Ve İstatistiksel
Yöntemlerle Sunulması"
IQR Journal of Applied
Statistics in Social
Science, (e-ISSN:3062-
3871) Vol:2, Issue:1;
pp49-63.

Arrival: 1 August 2025
Published: 1 August 2025

ÖZET

Günümüz toplumları bilgi çağında yaşamlarını sürdüren toplumlardır. Bilgi çağının en önemli özelliği ise bilgi artışının son derece hızlı olmasıdır. Toplamların bu hızı takip edebilmeleri için bilginin kalıcı ve hızlı bir şekilde kodlanması gerekir. Bunu sağlayan en önemli şey ise kişiye özgü doğru algıdır. Öğrenciler bunu ilk olarak matematik derslerinde başarmalıdır. Bu yönüyle matematik, eğitimin vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Her ne kadar bazı kaynaklarda ortaöğretim düzeyindeki matematik eğitiminin en temel amaçlarının "ispat kavramının algılatılması", "ispat edilen bilimsel sonuçlar ile dogmalar arasındaki farkın kavratılabilmesi", "geometrik kavramlardan ve modellerden hareketle aksiyonların gerekliliğinin algılatılması", "soyut kavramların ve soyut düşünce yapısının oluşturulması" şeklinde özetlense de işin gerçeği her zaman ayrıntıda yatmaktadır. Dogma doğruluğu deneyden geçirilmeden, sınanmadan kabul edilen, olduğu gibi benimsenen bir öğretilerdir. Bu çalışmamızın amacı orta öğretimde okutulmakta olan matematik dersinin öğrencide bıraktığı bilişsel uzantıları incelemeye çalışmaktır. Çalışmamızın deneysel kısmı Elazığ ili Cemil Meriç fen lisesi öğrencilerini kapsamaktadır. Çalışmamızı oluşturan ana fikir, "Matematik dersini okutan öğretmenin okuttuğu bir konudaki bilişsel uzantısının aynısı veya bir benzeri öğrencide de oluşursa öğrencinin bu konudaki öğrenme becerileri daha aktif hal alabilir" şeklindedir. Doğal olarak bu fikri destekleyici ölçümlerin yapılabilmesi o kadar da kolay değildir. İlk olarak bilişsel uzantının ölçümü gerçeklik olarak mümkün olmamaktadır. Ancak kişiye yöneltilen bazı sorulara karşı verilen cevaplar bir nebze ölçüm olarak kullanılabilir. Benzer düşünceler de farklı cümlelerle ifade edilebilir. Bunun önüne geçilebilmesi için cevap verecek kişiye seçenek sunmak ve kendine uygun olan seçimi yapmasını istemek ölçümü biraz daha olanaklı kılmaktadır. Ancak bu durum yüzde yüz soru cevap diyaloguna da dönüşmemelidir. Bunun için çalışmada kullanılabilecek en uygun yöntemin klinik mülakat olabileceğine karar verdik. Çalışma gerekli izinler alındıktan sonra 2023-2024 eğitim öğretim yılının ikinci döneminde Elazığ Cemil Meriç Fen Lisesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya lisenin son sınıf öğrencileri gönüllülük esasına göre dahil edilmiştir. Çalışma planı çerçevesinde ilgili takvimin nisan ayı ilk haftasında matematik zümresiyle bir toplantı yapılarak planlanan çalışma matematik zümresine tanıtılmıştır. Bizim açımızdan zümrenin çalışmaya vereceği destek oldukça önemli olduğundan mülakatlar zümre öğretmenleri ile beraber

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi Memur MEB.Elazığ Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Elazığ,Türkiye. tuncay.demir8721@gmail.com, ORCID NO: 0009-0002-5286-1016.

² Prof. Dr. Elazığ Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Elazığ, Türkiye. mgurcan@firat.edu.tr, ORCID NO: 0000-0002-3641-8113.

* Bu bildiri, birinci yazarın, ikinci yazar danışmanlığında yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

gerçekleştirilmiştir. Çalışmada toplam 36 öğrenci ile mülakat yapılmıştır. Mülakat sırasında öğrencilere ortak olarak geometrik kavramlar, sayılar, aritmetik işlemler, fonksiyon yapıları ve trigonometri olmak üzere beş temel konu ile ilgili görüşleri ve algılama şekillerine ait sorular yöneltilmiş ve öğrencilerin ifadeleri kayıt altına alınmıştır. Ayrıca benzetimde ölçmeyi kolaylaştırmak açısından iki seçenekli 16 adet soru yöneltilerek kendisine yakın olan seçeneği ve nedenini vurgulaması istenmiştir. Çalışma sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi açık bir şekilde sunumda paylaşılacaktır.

Anahtar kelimeler: Matematik öğretimi, Bilişsel uzantı, Kappa katsayısı, Klinik mülakat.

ABSTRACT

Today's societies are societies that live in the information age. The most important feature of the information age is that the increase in information is extremely fast. In order for societies to follow this speed, information must be coded permanently and quickly. The most important thing that provides this is the correct perception specific to the person. Students should first achieve this in mathematics classes. In this respect, mathematics has become an indispensable part of education. Although some sources summarize the most basic goals of mathematics education at the secondary school level as "perceiving the concept of proof", "understanding the difference between proven scientific results and dogmas", "perceiving the necessity of actions based on geometric concepts and models", "forming abstract concepts and abstract thought structure", the truth of the matter always lies in the details. Dogma is a doctrine that is accepted as true without being tested and tested. The purpose of this study is to try to examine the cognitive extensions left in the student by the mathematics course taught in secondary education. The experimental part of our study covers students at Cemil Meriç Science High School in Elazığ. The main idea behind our study is that "If the same or similar cognitive extension of the teacher who teaches mathematics occurs in a subject, the student's learning skills in this subject can become more active." Naturally, it is not that easy to make measurements that support this idea. First of all, it is not possible to measure the cognitive extension in reality. However, the answers given to some questions directed to the person can be used as a measurement to some extent. Similar thoughts can also be expressed in different sentences. In order to prevent this, offering options to the person who will answer and asking them to make the appropriate choice makes the measurement a little more possible. However, this situation should not turn into a one hundred percent question-answer dialogue. For this reason, we decided that the most appropriate method to be used in the study would be a clinical interview. The study was conducted at Elazığ Cemil Meriç Science High School in the second semester of the 2023-2024 academic year after obtaining the necessary permissions. Within the framework of the work plan, a meeting was held with the mathematics group in the first week of April of the relevant calendar and the planned study was introduced to the mathematics group. Since the support that the group would provide for the study was very important for us, the interviews were conducted with the group teachers. A total of 36 students were interviewed in the study. During the interview, the students were asked questions about their views and perceptions on five basic topics, namely geometric concepts, numbers, arithmetic operations, function structures and trigonometry, and the students' statements were recorded. In addition, in order to facilitate measurement in the simulation, 16 two-choice questions were asked and they were asked to emphasize the option that was closest to them and the reason. The statistical evaluation of the study results will be shared clearly in the presentation.

Key words: Mathematics teaching, Cognitive extension, Kappa coefficient, Clinical interview.

1. Giriş

Matematik bilimi için farklı birçok şey söylenebilir, çeşitli tanımlar yapılabilir, diğer bilim dallarıyla nasıl bir ilişki içinde olduğu hakkında yorumlar söylenebilir. Şüphesiz matematik hakkında ne söylendiği değil

söyleyen kişinin matematik kültürünün ne denli ileri olduğu sözün doğruluğunu daha gerçek şekilde ortaya koyar. Bakalım matematik için neler söylenmiş:

Matematik; sayılar, geometrik şekiller, fonksiyonlar, uzaylar gibi soyut kavramların özelliklerini ve bunlar arasındaki ilişkileri tımdengelimli düşünce sistemiyle inceleyen bir disiplindir (MEB, 1966). Günümüzde matematik gerçeğin modellenmesini temel alan, problem çözme ve anlamlandırma sürecinde oluşan bilgi ve beceriler bütünü olarak algılanmaktadır (Altun, 2014). Muhakeme, eleştirel düşünme, iletişim ve problem çözme süreçlerini kapsayan matematik okuryazarlığı, çağımız toplumlarında okuma-yazma kadar önemsenmektedir (Özgen ve Bindak, 2008). Matematiksel düşünme sisteminin yön verdiği matematik okuryazarlığı, matematiğe karşı olumlu tutum geliştirmeyi ve matematiğin gerçek yaşamdaki önemini takdir etmeyi öğretme amacıyla olması nedeniyle önemlidir (Özgen ve Bindak, 2008). Matematikteki ilerlemeler ve teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak matematiğin sadece sayılarla işlem yapma olarak görülen geleneksel boyutu değişerek, uygulamalara ve modellemeye dayalı matematik okuryazarlığı kavramı önem kazanmaktadır (MEB, 2005). Bireyin günlük hayatta karşısına çıkan ve sayısal muhakeme gerektiren nicel durumlarda problem çözme becerilerini kullanma ihtiyacı matematiğin önemini ortaya koymaktadır (De Lange, 2003). Günümüzün ihtiyacı olarak analitik beceri gerektiren mesleklerin artması ve günlük yaşamımızda, grafik, para vb. gibi istatistiksel verilerin artması matematik okuryazarlığının önemini arttırmaktadır (Uysal ve Yenilmez, 2011). Eleştirel ve matematiksel düşünme tüm bilim dalları ve teknoloji için çok önemli olmakla birlikte, toplumdaki tüm bireylerin matematik okuryazarı olması ve buna yönelik programlar hazırlanması gerekmektedir (Ersoy, 2003). Türkiye’de 2005 yılında matematik öğretim programında değişikliğe gidilmiş ve matematikteki kavramların, günlük yaşam modellerinden hareketle verilmesi gerektiği vurgusu yapılarak, öğrenciye eleştirel düşünme, problem çözme, matematiğe ve öğrenimine değer verme gibi becerilerin kazandırılmasının hedeflendiği belirtilmiştir (MEB 2005, 2013). Günlük yaşamdaki bir problemi formüle ederek matematik problemi haline dönüştürebilme, matematiği kullanarak bu problemi çözebilme ve çözümünü günlük hayata yorumlayabilme becerileri matematik okuryazarlığının göstergesidir (MEB, 2011). Bir problemi formüle edip matematiksel model şekline getirmek cebir yapmayı gerektiren bir durumdur. Cebir yapmak ise soyutlama süreci gerektirir (Altun, 2005). Matematik nedir? Bu sorunun ilk çağlarda bugünkü anlamda algılanıp algılanmadığı hakkında kesin bir bilgiye ulaşılamadı. Fakat matematiğin bir bilim olarak şekillendiği, çeşitli alanlarda uygulandığı ve bu uygulama sonucunda önemli sonuçlar alındığı dönemlerde gündeme gelen bu soru matematikçileri oldukça meşgul etmektedir (Nasibov, F. ve Kaçar, A. 2005).

Bu söylemlerin tamamına tabi ki katılıyoruz. Bir ülkeyi oluşturan bireylerin tamamının aklı hür, vicdanı hür, karar verme ve mukayese yetisinin hür olması şüphesiz ilerlemenin en temel faktörüdür. İlerlemeyi yürüten mekanizmanın içerisinde belki de tek temel faktör eğitimidir. Peki, bunun içerisinde matematik eğitiminin katkısı ve rolü nedir? Bunu ölçebilir miyiz? Yoksa önemini kabul edip yolumuza devam mı etmeliyiz? Bu durumda matematik eğitimi nasıl yapılmalıdır? Tüm bu sorular eğitim sistemi içerisinde yanıtlanması gereken ve eğitime yön veren sorulardır. Bu durumda başlangıç noktamız etkili bir matematik eğitiminin nasıl olması gerektiğidir. Karşımızda iki farklı matematik eğitimi yöntemi olsa bunlardan hangisinin daha iyi olduğuna nasıl karar vereceğiz? Bu sorunun içerisinde eksik bir tek kelime var; “kimin için”. Soruya bunun da eklenmesi gerekir. Bundan dolayı eğitim sistemimizde mesleklere göre yükseköğretimde matematik dersleri farklı şekillerde okutulmaktadır. Yükseköğretime geçmeden önce ilk, orta ve lisede bu eğitim nasıl yapılır? Amacımız yükseköğretimde asgari yeterliliklerin giderilmesi mi, yoksa asgari matematik kültürünün kazanılması mı olmalıdır? Bu aşamada amaçlar ve hedefler net olarak belirlenmeli ve strateji ona göre şekillendirilmelidir.

Günümüzde mecburi temel eğitiminin 11-inci ve 12-inci sınıflarında okutulan matematik derslerine bakıldığında hem içerik hem de üslup olarak yeterliliklerin karşılanmasının amaçlandığı rahat bir şekilde görülmektedir. Gerçekte temel matematik kültürü, okutulan müfredatın içeriğine değil okutulma üslubuna bağlıdır. Günümüzde unutulmuş bir terim olsa da “eğitim üslubu” önemli bir kavramdır. Eğitiminin matematik dersinde lise müfredatına ait bir konuyu anlatırken kullandığı üslup kendisinin aynı konuyu öğrenirken geliştirdiği bilince veya o konuyu anlarken şekillendirdiği benzetime bağlıdır. Bu demektir ki konu üslubu eğitiminin öğrenim mazisine yani daha öncelere dayanmaktadır. Eğitim sürecinde doğal olarak bu üslubun öğrenciye bilinç olarak aktarımı da gerçekleşmektedir. Biz istesek de istemesek de bu

öslup öğrenciye eğitim sürecinde aktarılır. Eğitim sürecinin dinamik bir sistem olmasının altında bu gerçeklik yatmaktadır.

Galileo Galilei “Felsefe, bizim vizyonumuza her zaman açık olan çok büyük bir kitapta yazılmıştır. Fakat bu kitabı yalnızca onun yazılmış olduğu dili ve işaretlerini öğrenenler anlayabilirler. O ise matematik dilinde yazılmıştır” der. Bu cümlede yer alan “onun yazılmış olduğu dili ve işaretlerini öğrenenler” ifadesi bize kullanılan dilin ve sembollerin bilinçaltında oluşturduğu ve yeri geldiğinde bize ne şekilde hatırlatma yaptığının önemini vurgulamaktadır. Gerçekten matematiksel sembollerin “bilende” ne çağrıştırdığı ve “öğrenende” de buna yakın bir çağrıştırmaya yapıp yapmadığı oldukça önemlidir. Örneğin aşağıdaki integral sembolünü ele alalım,

integral sembolü: $\int f$

belirli integral sembolü: $\int_0^1 f$

Lise müfredatı 12-ci sınıf matematik dersinde okutulan integral türevden sonra gelen bir konudur. Türk eğitim sisteminden çıkan tüm matematikçiler türev ve integrali kardeş gibi görür ve türev olmadan integralin anlatılmasının mümkün olmadığını düşünürler. Çünkü onların konuya ait bilinçleri bu türlü şekillenmiştir. Anlattıklarında da bu bilinci doğal olarak karşı tarafa bu şekilde aktarırlar. Kısacası bizim matematik eğitim sistemimizde integral işlemi, türev alma işleminin tersidir. Kuralları da tersine çalışır. İntegral işleminin sonucu, türevi alınmadan önceki fonksiyondur. Belirli integrale gelince ise kavram, işlemden sonra sınır değerlerinin yerine yazılarak birbirinden çıkartılmasıdır. Uygulaması ise alan hesabıdır. Tabii ki bunlar doğru olan şeyler. Burada sadece uyandırdığı bilinçaltını anlatmaya çalışıyoruz. Ancak farklı üsluplar kullanılamaz mı? Belirli integral sembolüne baktığımızda belirtilen aralıkta yerleşmiş sonsuz bir serinin toplamını bilinçaltımız bize yansıtamaz mı? Konu içeriğine baktığımızda bu mümkündür. Acaba integral konusunu türev olmadan anlatmayı hiç denedik mi?

Literatürde matematik eğitime dair farklı birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları matematiğin ne olduğu, eğitiminin etkili olabilmesi için yapılması gerekenler hakkında önerilerdir. Örneğin Ferhat Nasibov ve Ahmet Kaçar matematik ve matematik eğitimi hakkında yaptıkları bir çalışmada etkili matematik eğitimi için bazı önerilerde bulunmuşlardır (2005). Bu çalışmada dikkat çeken önemli bir unsur “Matematikçiler, incelemek istedikleri her şeyi önce tanımlarlar. Kabul ettikleri tanımı da esas alarak hükümler çıkarırlar. Bu hükümlerin de başında aksiyomlar sistemi gelir” şeklinde devam eden cümledir. Dıştan genel olarak bakıldığında bu doğrudur. Hatta genel kanı matematiğin problemlerini kendi içerisinde ürettiği ve çözümünü kendi içerisindeki yöntemlere göre bulduğudur. Ancak her aksiyom için bunun söylenmesi matematiği biraz yaşamdan ayırmak olur. Bazı aksiyomlar gerçekten hayata dairdir. Yaşar Ersoy (1997), bilgi toplumu olmanın bir gereğinin de eğitim kurumlarında etkin ve verimli matematik eğitimi ortamının oluşturulması olduğunu vurgulamış ve matematikte okuryazarlık temasına olduğunca vurgu yaparak önemli bilgiler sunmuştur. Türker, N. K. ve Turanlı, N. (2008), eğitim fakültelerinde verilen matematik eğitimi derslerine yönelik bir tutum ölçeği geliştirmeye çalışmışlardır. Tutum ölçeği dediğimizde ne anlamalıyız biraz bahsedelim. Tutum ölçekleri kişiliklerden farklı olarak bireyin herhangi bir durumda davranış biçimini ifade eden tutumlarla ilgili gerçekleştirilen testlerdir. Bireyin tutumları hakkında verilen bilgileri içeren tutum ölçekleri, belirli durumlardaki alışkanlıkları ifade eder. Demek ki ölçekteki bir cümleye katılıyorum dan katılmıyorum uma kadar cevap veren bir kişi bu durumlardaki alışkanlığını ifade ediyor. Ölçeğin üçüncü cümlesi “Matematik eğitimi derslerinde sıkılırım” ve bu ölçek Matematik Eğitimi Anabilim Dalı ve İlköğretim Matematik Öğretmenliği Bölümünde okumakta olan öğrencilere uygulandı. Ve dahası, ölçeğin 13-üncü cümlesi “Matematik eğitimi dersleri benim için bir yükür”. Ne cevap verdiği önemli değil. Matematik öğretmeni olacak bir kişiye biz bu soruları sormak cesareti gösteriyorsak vay halimize. Burada vurgulamak istediğimiz olgu yanlış anlaşılmasın. Geliştirilen ölçekte veya değerlendirilmesinde bir sorun yok. Belki de, umuyorum tüm öğrenciler “katılmıyorum” sınıfındadır. Vurgulamak istediğimiz, bu soruyu neden sormak zorunda kaldık? Öğretmen adaylarımıza olan güvenimizde mi bir sıkıntı var?

Sonuç olarak matematik eğitiminin nasıl olması gerektiğinin tek bir cevabı bulunamaz. Yapılan çalışmalar bazı yöntemleri önerebilir. Uygulanıp sonuçları değerlendirilebilir. Ancak her uygulama başarıyla sonuçlanmayabilir. Başarılı nesilleri başarılı uygulamalar destekler. Bizim amacımız yöntemleri tartışmak değil, uygulanan yöntemlerin sonucunda öğrencide oluşan bilişsel uzantılarının birliktelik sağlayıp

sağlayamadığıdır. Son olarak şunu vurgulamakta fayda var, matematik eğitiminde uygulanan yöntemler konudan konuya farklılık gösterebilir.

1.1. Bilişsel Uzantıya Ait Kısa Bir Anekdote: Sıfır

Çok çok uzun zaman önce sahip olduğu koyunlarını çitle çevrili bir alanda otlatmakta olan bir kişi koyunları çok olduğundan dolayı kendisini varlıklı ve güvende hisseder. Tam o anda içine bir korku düşer. Aklına ya koyunların olmasaydı düşüncesi gelir. Bu düşünceden kurtulmak için gözlerini kapatır. Ama ne fayda gözlerini kapatsa da gözünün önünden çitle çevrili boş alan gitmemektedir. Kendi kendine mırıldanır sıfıra sıfır elde var sıfır. Ve düşünmeye başlar. Sayacak hiçbir şey olmadığı zaman demek ki ortada sıfır var. Sonra tekrar düşünceye dalar. Aslında hiçbir şey olmadığı zaman dahi ortada sayılacak bir tane sıfır var. O anda sayıların iki tane olduğunun farkına varır, “0” ve “1”. “2” de gözünün önündeki dizilimin yanına gelir ve bu şekilde devam eder, hep bir sonrası. Silkinerek gözlerini açar. Aslında o anda sıfırdan başlayarak art arda giden sayıları keşfetmiştir. Akşam olup da arkadaşlarının yanına geldiğinde bütün iyi niyetiyle bu olanları anlatır. Der ki; hiçbir şey olmasa bile orada yokluğu belirten sıfır doğal olarak var. Olduğu yere bir sıfır çizer. Sonra arkadaşlarına dönerek sorar, burada kaç tane sıfır var? Arkadaşları bir tane der. O da sağ elini kullandığı için sıfırın sağına “1” yazarak gösterir ve devamında “2”, “3”. Bu sırada sol elini kullanan bir arkadaşı itiraz eder. Neden “1” ve “2”yi sıfırın sağından devam ettiriyorsun? Sol tarafa neden yazmadın? Diye sorar. Doğal olarak bu sorunun reddedilecek bir yanı yoktur. Adam mecburen sıfırın sol tarafına da birden başlayarak sayma sayılarını yazar. Orada bulunanlar için her iki tarafa da yazılmış sayılarda bir ayırım olmadığından, Peki “1” denildiğinde biz hangi taraftaki “1” sayısını anlayacağız? Sorusu akıllara gelir. Bu durumda sağ taraftaki sayılar olumlu bir çabayı gösterdiği için pozitif sıfatını, sol taraftaki sayılar da itirazdan kaynaklanan bir sonucun ürünü oldukları için negatif sıfatını alırlar. İnsanlık tarihi boyunca algı hep bu şekilde çalışmıştır. Olumlu düşünce, pozitif düşünce, katkı sağlayan düşünce, hep aynı doğrultuda kullanılmıştır. Olumsuz düşünce, negatif düşünce, itiraz kaynaklı zıtlıktan ortaya çıkan olgu da hep aynı doğrultuda kullanılmıştır. Bundan dolayı yokluktan kendini çıkartabildiği için sağ tarafa doğru ilerleyen sayılara “doğal sayılar” ve itirazdan dolayı bunu sol tarafa tamamladığımız için sol tarafa giden sayılarla beraber hepsine “tamamlanmış veya tam sayılar” demişiz.

Doğal sayılarla tam sayıların bilişsel uzantısının oluşturulmasına ait kısa bir anekdot yukarıdaki şekilde verilebilir. Tabi bu anekdotun tarihsel bir realitesi yok. Kalıcı bir geçerliliği olabilir mi? Cevabı uygulamaya bağlıdır. Uygulandıktan yıllar sonra, “Doğal sayı ve tam sayı nedir?” sorusuna doğru cevap alıyorsak amacımıza ulaşmışızdır.

1.2. Matematik Okuryazarlığı

Bilişsel uzantılar bizim okumamızı kolaylaştırır. Yazarlık ise tamamen yeteneğe bağlı bir meslektir. Bu yüzden edebi yönü güçlü olan kişilerin matematiksel okurlukları mevcut olduğunda iyi bir matematikçi olmaları kaçınılmazdır. İyi bir matematik okuru iki tamsayının arasını bölerek arada kalan paylara değer atayabilir. Bunlar yeri yurdu belli olan daha açık bir ifadeyle adresi belli olan sayılardır. Tüm bu sayılara rasyonel sayılar denir. Rasyonelliğin anlamı zaten yoruma açık olmayan ve net belli olan fikirler için kullanılır. Peki, rasyonellerin dışında sayılar arasında yerini bulamadığımız ama varlığını inkâr edemediğimiz sayılar da var mı? Tabi ki var. Örneğin “ π ” ve “ e ” sayıları. Bir çemberin çevresini çapına böldüğümüzde karşımıza çıkan sayı π sayısıdır. İnkâr edemeyiz. Ancak periyodik olmayan sonsuz bir küsüre sahip olduğundan adresini de bulamayız. O halde bu sayılarda rasyonel olmayan sayılardır. Kısaca hepsine birlikte reel sayılar diyerek konuyu kapatırız. İkinci adım bu konuyu yazmaya geldiğimizde karşımıza sayı doğrusu üzerindeki aralıklar gelir. Artık aralığın “açık mı?” yoksa “kapalı mı?” yazılacağına rahatlıkla karar verebiliriz. Herhangi bir “ a ” rasyonel sayısından başlayan bir aralık “ a ” sayısını kapsıyorsa kapalıdır. Kapsamıyor, ancak “ a ” sayısının tüm uzantılarını kapsıyorsa açıktır.

Bu anlayışla baktığımızda bilişsel uzantıların matematik okuryazarlığı üzerinde ne derece etkili olduğunu görebiliriz. Öğretimde bu tip uzantıların kullanılması öğretim amaçlarına erişilebilmeyi desteklemektedir. Kullanılan bu uzantıların öğrencilerde de bulgu olarak tespit edilmesi gerekmektedir. Bunlar matematik okuryazarı olmak için motivasyon ve yol gösterici etkenlerdir. Doğal olarak matematik öğretmenlerinin matematiğe yönelik tutum ve yaklaşımları öğrencilerin matematik okuryazarı olmaları için belirleyicidir.

Günümüz toplumları bilgi çağında yaşamlarını sürdüren toplumlardır. Bilgi çağının en önemli özelliği ise bilgi artışının son derece hızlı olmasıdır. Toplamların bu hızı takip edebilmeleri için bilginin kalıcı ve hızlı bir şekilde kodlanması gerekir. Bunu sağlayan en önemli şey ise kişiye özgü doğru algıdır. Öğrenciler bunu matematik derslerinde başarmalıdır. Bu yönüyle matematik, eğitim programlarının vazgeçilmez bir parçası olmuştur.

Her ne kadar bazı kaynaklarda ortaöğretim düzeyindeki matematik eğitiminin en temel amaçlarının (Örnek olarak, Civelek ve diğer, 2003, Akt. Uslu, 2006) “ispat kavramının algılatılması”, “ispat edilen bilimsel sonuçlar ile dogmalar arasındaki farkın kavratılabilmesi”, “geometrik kavramlardan ve modellerden hareketle aksiyonların gerekliliğinin algılatılması”, “soyut kavramların ve soyut düşünce yapısının oluşturulması” şeklinde özetlense de işin gerçeği her zaman ayrıntıda yatmaktadır. Dogma doğruluğu deneyden geçirilmeden, sınanmadan kabul edilen, olduğu gibi benimsenen bir öğretilir. Dogma ile aksiyom ifadelerini aynı paragrafta kullanıyorsak biraz dikkatli olmamız gerekir. Öğretimde bizler aksiyomu dogma gibi algılatıyor muyuz algılatmıyor muyuz? Aslında bugünkü problemimizin temeli burada başlıyor. Aksiyom gereklilik mi, yoksa varlığını inkâr edemediğimiz yapısal bir özellik midir? Yorumu burada sizlere bırakarak bu bölümü kısaca sonlandırmak istiyorum.

1.3. Matematik: İnsanın Kendine Ettiği Bir Zulüm mü? Yoksa İnsanoğluna Bahşedilen Bir Lütuf mu?

Bu bahiste Galileo’nun sözünü hatırlayalım. Felsefenin yazılı olduğu kitabın dili ve işaretleri matematiktir. Bu kitapsa bizim vizyonumuza daima açıktır. O halde matematiği kolay veya zor hale sokan kişinin vizyonudur. Şimdi biraz literatüre göz atalım, Dilek Tanışlı (2002) matematiğin toplumda genel olarak çok zor ve soyut olduğuna dair bir kanının olduğunu ve bu kanının matematiğin yapısı itibarı ile birbirine bağlı öğelerden yığılmalı bir şekilde oluşmasına bağlamaktadır. Hayatta tecrübe denilen şey zaten yığılmalıdır, anılar yığılmalıdır, yaşam yığılmalıdır. Matematik yığılmalı olmuş çok mu? Toplum birbirine bağlı, normları birbirine bağlı, insanlar birbirine bağlıdır. Yoksa nasıl sosyal toplum olunur? Bu durumda suçu matematiğe atmak yerine onun vizyonunu anlamak daha doğru olur. Evet, matematiğinde bir vizyonu var. Onunda ulaşmak istediği bir yer var. Kurallar bu vizyona göre dizayn edilir. Vizyonunun ne olduğunu anlamadan kurallarını birbirine eklessek ne olur? Ortaya matematik zor ve soyuttur diye bir genel kanı çıkar. Buda matematik öğretimini zorlaştırır.

Yenilmez ve kalkancı (2008)’in sözleri de Dilek Tanışlı’nın sözlerinden pek farklı değil. Matematik hep bağlantılı ve yığılmalı olduğu için suçlanmaktadır. Bir benzer düşünce de Nesin (2002)’de karşımıza çıkmakta. Öğrencinin matematik derslerindeki başarısızlığı, ilk olarak matematik dersinin sürekli çalışma yapmayı gerektirmesine bağlanmıştır. Bu anlamlı bir ifade şekli değil. Matematik anlamlı düşünmeyi gerektiren bir disiplindir. Öğrenci bir konuyu benimsemek için düşünmeli. Ancak gereğinden az düşünmemeli. Gereği kadar düşünmeye ulaşabilmek için sürekli çalışma içerisinde olmaya gerek var mı? Bilmiyorum. Yorum size ait. İkinci olarak ise matematiğin bilimlerin en soyutu olmasına bağlanmıştır. Hâlbuki matematik somut delillerle ilerler. Burada tam bir çelişki ortamı karşımıza çıkmakta. Aksiyomlar somut deliller olmasa bir araya gelerek nasıl yapı oluşturacaklar? Küçük bir örnek verelim. Ölçü ve ölçülebilirlik birbirine yapışık iki kardeş ifadedir. Ölçü olabilmeye için nasıl bir yapı inşa etmemiz gerekir bir bakalım. Ele alınan bir parçayı ölçmeye çalışalım. Bu parça nereden alınmışsa geride kalanı da mutlaka vardır. Geriye kalanıyla birlikte bu parçanın alındığı bütüne kitle diyelim. Eğer biz kitleden bir parça almış ve ölçmüşsek geriye ne kadar kaldığını da bilmemiz gerekir. Bu parçaya A dersek geriye kalanına da A^c (tümleyen) diyelim. Bu durumda A ölçülebiliyorsa geriye ne kadar kaldığı mutlaka bilinmelidir: A^c ölçülebilmelidir. Buna ilaveten kitleden iki parça almış ve ölçmüşsek, bu iki parçanın toplamda ölçüsünü de biliriz. O halde parçalar A ve B olmak üzere $A \cup B$ birleşimi de ölçülebilir. Ayrıca kitleden hiçbir şey almamışsak o almadığımız hiçbir şeyin ölçüsü de zaten sıfırdır. Şimdi birazda ölçüye bakalım. Bir parçanın ölçülebilir olması için ölçüsünün ölçümünden ölçüme değişmemesi gerekmektedir. Hatırlayalım, Cumhuriyet tarihinin ilk yıllarında ilkokullarda çocuklara metreyi tanıtırken bu metre gerçek bir ölçüm aracıdır. Eskiden metre yerine karış kullanılırdı. Karış büyük olan müşteriler aynı paraya daha fazla kumaş alırken karış küçük olan müşteriler aynı paraya daha az kumaş alıyorlardı. Metre bunun önüne geçerek bir standart getirdi. Demiyor muyduk? Tamda bu yüzden bir parçanın ölçülebilir

olması için ölçüden ölçüye büyüklüğü değişmemesi gerekir. Bu özellik ölçümün en temel aksiyomudur. Şimdi soruyorum, bu aksiyomların neresi soyut? Hepsi hayatın içinden çıkma değiller mi? Hatta bu kavramı bir adım daha ilerleterek piyasada yapılan reklam faaliyetlerine getirsek nasıl olur? Dış ölçü: reklamdan elde edilen bilgi. Ürün daha müşteri tarafından alınmamış, sadece hissi ve görsel bilgisi var. İç ölçü: ürün satın alınmış ve kullanımdan gelen bir bilgisi var. Bu iki bilginin ölçüsü birbirine eşitse, müşteri yanılmamıştır. Aldığı üründen memnundur. Demek ki ürün ölçülebilendir, piyasa değeri var. Görüldüğü gibi reklamcılar bile ölçüyü gayet somut olarak kullanabilirken bizlerin matematiğe soyut lakabını yakıştırmamız hiç hoş bir şey değil.

Leder'in (1992), Neale (1979) sözü, "Matematiğin en önemli amacı öğrencilere matematiğe yönelik olumlu tutum geliştirmektir." Öğrenci olumlu bir öğretiye karşı neden olumlu bir tutum geliştirmek zorunda kalsın? Bu söz bilişsel uzantıya "Matematik zordur, olumlu bir tutum geliştirir de kendinizi sıkmak pahasına yaklaşırsanız ancak öğrenirsiniz" anlayışını yerleştirmekten başka bir şey değildir. Kislenko (2005) ise öğrencileri matematik dersinden uzaklaştıran etmenlerin başta bu dersi sevmemeleri, bu dersin zor olduğu ve bu derste başarılı olamayacaklarına ilişkin inançları olduğunu söylemektedir. Bu söz bize bir kere daha matematik eğitiminin tamamen bir süreç olarak görülmesinin bir zorunluluk olduğunu ve bu sürecin herhangi bir anında öğrencinin kendisini yetersiz hissetmemesi gerektiğinin gerçekliğini anlatmaktadır.

Matematik başarısı sayısal öğrencilerde genellikle başarının merkezine yer alır. Bizim eğitim sistemimizde matematik dersinden başarılı olmak öğrencinin genel başarısı için önemli bir motivasyondur. Ünal ve Ada'nın (2007) önemli bir notu, öğrenme süreci belli aşamalardan geçer. Bu aşamalar oldukça hızlı gerçekleştiğinden dolayı insanlar bu aşamaları fark etmeyebilir. Gözlem ve algılama, anlama ve yorumlama, uygulama ve sınama, yansıtma öğrenme sürecini oluşturan dört önemli alamdır. Bu gerçekten çok doğru bir tespittir. Öğrenmenin ilk aşamasında gözlem ve algılama vardır. Bu aşamada matematiksel bir kavram öğrencinin gözleyebileceği bir seviyede sunulmazsa süreç bu noktada kesintiye uğrar. Kesintiye uğrayan süreç ise bir daha ilerlemez. Bu aşamayı geçerek ikinci olarak anlama ve yorumlama ile karşılaşırız. Bu iki kavram birbiri ile yakından ilişkilidir. Öğrenci anladığı anda yorumlamaya başlar. Veya öğrenci yorumlayabiliyorsa zaten anlamıştır. Yorumlama aynı zamanda anlamının doğruluk düzeyini de belirtir. Öğrenci yorumlarken bir yanlışı fark ederse yanlış anladığının farkında da olur ve düzeltebilir. Bu aşamada geçildikten sonra artık işin büyük bir kısmı başarılmıştır. Geriye uygulama ve yansıtma aşamaları gelir ki ilk iki aşamayı başarılı bir şekilde yerine getiren öğrenci bilişsel olarak son iki aşamayı da kendiliğinden başarır. Mühim olan öğrenciye ilk iki aşamayı başarabilecek sunumu matematik öğretmenlerinin yapabilmesidir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMANIN PLANI: KLİNİK MÜLAKAT

Çalışmamızın deneysel kısmı Elazığ ili Cemil Meriç fen lisesi son sınıf öğrencilerini kapsamaktadır. Çalışmamızı oluşturan ana fikir, "Matematik dersini okutan öğretmenin okuttuğu bir konudaki bilişsel uzantısının aynısı veya bir benzeri öğrencide de oluşursa öğrencinin bu konudaki öğrenme becerileri daha aktif hal alabilir" şeklindedir. Doğal olarak bu fikri destekleyici ölçümlerin yapılabilmesi o kadar da kolay değildir. İlk olarak bilişsel uzantının ölçümü gerçeklik olarak mümkün olmamaktadır. Ancak kişiye yöneltilen bazı sorulara karşı verilen cevaplar bir nebze ölçüm olarak kullanılabilir. Benzer düşünceler de farklı cümlelerle ifade edilebilir. Bunun önüne geçilebilmesi için cevap verecek kişiye seçenek sunmak ve kendine uygun olan seçimi yapmasını istemek ölçümü biraz daha olanaklı kılmaktadır. Ancak bu durum yüzde yüz soru cevap diyaloguna da dönüşmemelidir. Bunun için çalışmada kullanılabilecek en uygun yöntemin klinik mülakat olabileceğine karar verdik. Gelişim psikolojisi literatüründe, çocuğun standartlaştırılmamış ve esnek bir şekilde sorgulanmasını gerektiren klinik mülakat yöntemi, matematiksel düşünmenin incelenmesi için temel araştırma aracı olarak ortaya çıkmış ve matematik eğitiminde yaygın olarak kullanılan alternatif değerlendirme yaklaşımlarından biri olmuştur (Ginsburg, Jacobs, ve Lopez, 1993). Çocukların düşüncelerini anlama üzerine çalışan Piaget (1976) sorular sormaksızın sadece gözlem yaparak çocuğu tanımanın ve eylemlerinin altında yatan nedenleri ortaya çıkarmanın zor olduğu ifade etmektedir. Bu sebeple test yöntemlerinde ve doğrudan gözlemlemede en uygun olan yaklaşımları bir araya getirerek klinik mülakat yöntemini geliştirmiştir. Klinik mülakat

öğrencilerin belirli bir konu ile ilgili kavram yanılgılarının altında yatan nedenleri anlama imkânı sunmayan standart testlere alternatif olarak kullanılabilir (Pablopulos& Carolina, 2015).

Birçok araştırmacı klinik mülakat yöntemini kullanarak zaman içerisinde gelişimine katkıda bulunmuşlardır. Hunting (1997) matematik eğitimi kapsamında klinik mülakatı öğrencilerin düşüncelerini ve matematiksel öğrenmelerini değerlendirmenin alternatif bir yolu olarak ifade etmiştir. Klinik mülakat, bir bireyin zihinsel süreçleri ile ilgili veri toplamayı ve analiz etmeyi sağlayarak bireyin düşüncelerindeki gizli yapıları ve süreçleri ortaya çıkarmaya imkân vermektedir (Clement, 2000; Confrey, 2006; KoichuveHarel, 2007). Dolayısıyla, öğrencilerin matematiksel kavramlara ilişkin gerçekte ne gibi anlamalar oluşturduklarını belirleyebilmede etkili bir değerlendirme yaklaşımı olarak kullanılabilir.

Öğrencilerin belirli kavramları nasıl algıladıkları oldukça önemlidir. Öğrenmede ulaşılan sonuç yerine öğrenme süreci boyunca oluşturulan yapılar ve ilişkilendirilen kavramların ayrıntılı bir şekilde belirlenmesine imkân verdiğinden klinik mülakat öğretimin geliştirilmesinde destekleyici bir yöntemdir (Bowman, Donovan, ve Burns, 2000; Engelhardt, Corpuz, Ozimek, ve Rebello, 2003; Ginsburg, 1997).

Matematiksel öğrenme süreçleri temelde matematiksel kavramları öğrencilerin kendi zihinsel eylemleriyle oluşturmalarını destekleyen ortamlardır. Öğrenci kendi zihinsel eylemini oluştururken doğal olarak öğretmenden belli ölçüde etkilenmektedir. Bu etkilenme öğrencinin bilişsel uzantısının öğretmeninkiyle benzer olabileceği anlamına da gelebilir. Bu noktada öğretmenin iyi bir mülakat becerisine ve güçlü bir alan eğitimi bilgisine sahip olması gerekmektedir (Fuchs ve Czarnocha (2016)).

Klinik mülakat, mülakatı gerçekleştiren kişiyi soru sormaya zorlayan bir süreçtir (MoyerveMilewicz, 2002). Öğrencinin verdiği yanıtlar tüm mülakat boyunca ayrıntılı ele alınmakta ve matematiksel kavramlarla ilgili neleri nasıl düşündüğü ve düşüncelerinin kaynağının neler olduğu ayrıntılı sorgulanmaktadır. Klinik mülakatın üç temel amacı, öğrencinin bilişsel süreçlerini keşfetmek, bilişsel süreçlerin temellerini tanımlamak, öğrencinin yeterliliğini belirlemektir (Weiland, Hudson, ve Amador, 2014). Klinik mülakatta sorulan sorular mülakatı yapan kişinin kendi düşüncelerine yönlendiren sorular olmamalıdır. Sorulan sorular temelde şu üç temele oturabilir, Neden? Nasıl? Ne anlama geliyor? Bu temeldeki sorular duyumdan bilişsel uzantıya giden süreci anlamamızda yardımcı olmaktadır (Ashlock, 2006). Ayrıca mülakat yöntemi öğretmen tarafından gerçekleştirildiğinde öğretimin bir parçası olarak da kabul edilebilir. Öğretmen sınıf ortamında veya birebir öğrenciyle bu işlemi gerçekleştirdiğinde öğrencinin bilişsel uzantısına giden süreci anlayabilir ve gerekli düzeltmeyi yapabilir. Bu sebeple matematiksel öğrenmeyi öğrenci düşünceleriyle ilişkilendiren, değerlendirme süreçlerinde öğrencilerin düşüncelerini göz önüne alan ve etkili sorular sorabilen öğretmenler yetiştirebilmek için öğretmen eğitiminde klinik mülakata değinilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır (MoyerveMilewicz, 2002). Sonuç olarak klinik mülakatı gerçekleştiren kişinin mülakat boyunca aktif ve yaratıcı olması gerekmektedir.

2.1. Klinik Mülakatın Gerçekleştirilmesi, Değerlendirmede Kullanılan Yöntem ve Çalışmanın Sonuçları

Çalışma gerekli izinler alındıktan sonra 2023-2024 eğitim öğretim yılının bahar yarıyılında Elazığ, Cemil Meriç Fen Lisesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya lisenin son sınıf öğrencileri gönüllülük esasına göre dahil edilmiştir. Çalışma planı çerçevesinde ilgili takvimin nisan ayı ilk haftasında matematik zümresiyle bir toplantı yapılarak planlanan çalışma matematik zümresine tanıtılmıştır. Bizim açımızdan zümrenin çalışmaya vereceği destek oldukça önemli olduğundan mülakatlar zümre öğretmenleri ile beraber gerçekleştirilmiştir. Çalışmada toplam 36 öğrenci ile mülakat yapılmıştır. Mülakat sırasında öğrencilere ortak olarak geometrik kavramlar, sayılar, aritmetik işlemler, fonksiyon yapıları ve trigonometri olmak üzere beş temel konu ile ilgili görüşleri ve algılama şekillerine ait sorular yöneltilmiş ve öğrencilerin ifadeleri kayıt altına alınmıştır. Ayrıca benzetimde ölçmeyi kolaylaştırmak açısından iki seçeneği 16 adet soru yöneltilerek kendisine yakın olan seçeneği ve nedenini vurgulaması istenmiştir.

Mülakat esnasında öğrencilere trigonometriyle ilgili olarak, “Trigonometri denilince aklınıza gelen ilk terim tanjant mı yoksa sinüs müdür?” şeklinde sorulduğunda öğrencilerin %86’sı sinüs cevabını vermiştir. Aynı soru matematik öğretmenleri ile yapılan mülakatta sorulduğunda ise öğretmenlerin tamamı sinüs cevabını vermiştir. Bu durum öğretmenlerle öğrenciler arasındaki yüksek dereceli bir uyumu gösterir. Ancak bu durum trigonometrinin başlangıcının “eğim ölçüsü” merkezli yapılmadığını da ortaya

koymaktadır. Bu trigonometri konusu anlatılırken öğretim stratejisinde görselliğin ilk öneme sahip olmamasını vurgular. Böyle bir durumda trigonometri ile türev konusu arasındaki bağ zayıflatılır. Bu ise istenen bir durum olmamalıdır.

Yine mülakat esnasında öğrencilere üslü sayılarla ilgili olarak, “Üslü sayıyı nasıl tarif edersiniz?” şeklinde sorulduğunda öğrencilerin %88’i “Çok sayıda aynı terimden oluşan çarpma işleminin kısa bir şekilde ifadesidir.” cevabını vermiştir. Bu durum üslü sayılar ile uyumlu bilişsel uzantının birlikteliğini göstermektedir. Aşağıdaki tablo yukarıda iki örneği verilen konulardan alınan en çok verilen ortak cevapları göstermektedir.

Tablo 1: Sorulara en çok verilen ortak cevaplar.

Konu	Ortak olan cevap	%
Trigonometri	Sinüs	86
Üslü sayılar	Çok sayıda aynı terimden oluşan çarpma işleminin kısa bir şekilde ifadesidir.	88
Çember	Merkeze olan uzaklıklar hep aynı olduğundan eşit bir paylaşımdır.	55
Bölme ve bölünebilme	Bölünebilen sayı aslında bölenleri sayesinde oluşturulmuş bir sayıdır.	69
En küçük ortak kat	İki sayı katlanarak gittiğinde ortak noktada buluşurlar.	55
Üçgen ve dörtgenler	Dik olmayan dörtgenler uygun kesitlere ayrıldığında ortaya dik olan dörtgenler ve üçgenler çıkar.	72
Sayı kümeleri	Doğal Sayılar.	83
Eşitsizlik	Küçük küçüklüğünü, büyükte büyüklüğünü bilmelidir.	53
Kombinasyon ve permütasyon	Sıralamadaki alternatifler seçmedeki alternatiflere göre daha fazladır.	89

Şimdi verilen ortak cevapların uzantılarını anlamaya çalışalım. Üçgen ve dörtgenlerle ilgili olarak katılımcıların %72’si dik olmayan dörtgenlerin uygun kesitlere ayrıldığında ortaya çıkan ayırık şekillerin dik olan dörtgenler ve üçgenler olduğunu vurgulamıştır. Bu durum ilk olarak düzlemdeki bir şeklin alan ölçümünün daha kolay hesaplanmasını sağlamaktadır. Öyleyse öğrenci düzlem geometriye başlarken görsel olarak düzlemdeki şekilleri iki temel kategoriye ayırabilmekte ve düzenli, düzensiz olarak bilinçaltında kodlandırmaktadır. Böyle bir durumda bu bilinçaltı, öğrenci integral konusuna geldiğinde öğrenciyi integral hesabın aslında alan hesabı olduğu noktasında mutlaka güdüleyecektir. Öğrenci artık integral hesabında diğerlerine göre bir adım daha öndedir ve matematikte integral hesaba giden yollardan birisini o anda fark etmese bile bulmuştur.

Üslü sayılarla ilgili olarak katılımcıların %88’i üslü bir ifadenin aslında uzun bir çarpma işleminin kısa şekilde gösterimi olduğu kanısında birleşmektedir. Böyle bir durumda öğrencinin bilinçaltı çarpmanın da, uzun bir toplamının kısa hali olduğu ve çıkarmanın da ters yönlü bir toplama olduğu düşüncesini barındırır. Bilinçaltı bazı aritmetikleri birbirlerinden türetir. Sonunda bilinç, üslü sayının kuvvetinin bir tam sayı olmadığı durumu çelişki olarak bilir ve bu sayının rasyonel olmadığını anlar, fakat inkâr edemez. Bu süreç öğrencinin irrasyonel sayıları anlamasını kolaylaştırır. Yeri gelmişken kısaca rasyonel ve irrasyoneller hakkında kısaca konuşalım. Rasyoneller ifade itibarı ile de; yeri sayı doğrusunda belli olan

sayılardır. İrrasyoneller ise sayı doğrusu üzerinde yeri yaklaşık olarak tespit edilen ama hiçbir zaman konumlandırılamayan sayılardır. Yaklaşık değerleri küçük hatalarla her zaman bulunabilir. Ama gerçek değerleri bulunamaz. Hataların küçülerek yaklaşılması aslında limit konusunun girişini oluşturur ve öğrencinin limit işlemini anlamlandırmasını kolaylaştırır. Aynı zamanda bir irrasyonel sayının etrafında onu temsil etmeye çalışan sonsuz çoklukta limitlerin olduğunu ve irrasyonel sayıların sayı doğrusunda yoğun olduğu da bilinçaltına yerleşebilir ve bu kazanımları elde edebilir.

Kombinasyon ve permütasyonla ilgili olarak katılımcıların %89'u (Tablo2) kombinasyonun bir seçme, permütasyonun ise seçilmiş bir örneğin sıralanması olduğunu belirterek, hangisinin sayısal değerinin büyük olması gerektiğini, sıralama alternatiflerinin daha fazla olduğunu delil getirerek söylemişlerdir. Geri kalan katılımcılar ise kombinasyonun formülünde paydada yer alan bir bölenin permütasyonda olmaması nedeniyle permütasyonun sayısal olarak daha büyük olduğunu vurgulamıştır. Bu %11'lik kısım aritmetik gereklilikten dolayı permütasyonun sayısal değerinin büyük olduğuna inanır. Aritmetik gereklilik bir zorunluluk olarak bilinçaltına yerleştiğinde öğrenciyi anlamlandırma yeteneğinden uzaklaştırabilir. Bu ise aslında istediğimiz bir durum değildir. Bunun yerine "seçilmiş bir örneğin sıralanması" algısı ile bir permütasyonun seçilmiş bir gruptan $k!$ tane permütasyon üretebileceği ve bu sayede kombinasyonun $k!$ katı olması gerektiği algısı vurgulanmalıdır. Katılımcıların %89'u da bunu vurgulamıştır.

Şimdi de analitik düzlemin seçili bir noktası ile kurala göre seçilebilecek bir grup noktası ile ilgili katılımcıların verdiği cevaplara kısaca bakalım. "Düzlemde noktanın durduğu yer" ile "noktanın eksenlere olan uzaklıkları" bu iki ifade birbirine çok çok yakındır. Ancak detay bilişsel uzantılarda farklılaşır. Düzlemde noktanın durduğu yer dediğimizde bir nevi adres belirtiyoruz. Bu durumda y 'yi bulmaya çalışan x değerine bir adres yani kural göstermeliyiz. Bundan dolayı ilk soruya bu cevabı veren 19 öğrenciden 14 tanesi " x 'e verilen sayısal değere karşılık gelen y 'nin nasıl bulunacağını gösterir." İfadesini kullanmıştır. Noktanın eksenlere olan uzaklıkları dediğimizde ise metrik bir ifade kullanırız. Bu ifade adres bilgisine kapalıdır, adres arama ihtiyacı belirtmez. Bu yüzden ikinci soruya geldiğimizde verilen cevaplar tamamen tesadüfi olarak ayrılmaktadır. Birinci cevap ikinci soruya verilen cevapları nitelendirirken ikinci cevap ise nitelendirmez.

Tablo 2: Çapraz değerlendirilen iki soru örneği: Kartezyen düzlem.

Y = f(x) size neyi ifade eder?	Düzlemde alınan bir noktanın bileşenleri sizce neyi ifade eder?			
		Düzlemde noktanın durduğu yeri (%53)	Noktanın eksenlere olan uzaklıklarını (%47)	
	x 'e verilen sayısal değere karşılık gelen y 'nin nasıl bulunacağını gösterir. (%64)	14	9	
	x ile y 'nin eşitliğinin nasıl olacağını gösterir. (%36)	5	8	

Mülakata katılanların %67'si (Tablo 3) bölün ve bölünebilme ile ilgili düşünceleri sorulduğunda bölünebilen sayının bölünleri sayesinde var olduğunu vurgulamıştır. Bu cevap sayının önemli bir yapısal özelliğidir. Tamsayılarla ilgili böyle bir özelliğin öğrencinin bilişsel uzantısında sayının var oluşuyla ilişkilendirilmesi matematiksel bir kavram için oldukça önemlidir. Katılımcıların %33'ü sayının aritmetik özelliğine "bölün aynı zamanda çarpandır" göre cevap vermişlerdir. Aritmetik özellik bilişsel uzantıda varoluş kadar kuvvetli bir güdüyü barındırmaz. Bundan dolayı birinci sorudaki %67'lik kısmın %79'u oranla ilgili soruya "Bir sayının diğerinin kaç katı olduğunu gösterir" cevabını verirken %33'lük kısım %66 oranında bu cevabı vermiştir. Oranla ilgili soruda verilen iki cevaptan birincisi oran kavramının hem yapısal hem de aritmetik özelliği olmasına karşılık ikinci cevap sadece aritmetik özelliğe dayanmaktadır. Bundan dolayı katılımcıların %75'lik kısmının yapısal özelliğe dayalı bir cevabı vermesi önemli bir başarıyı, katılımcıların bilişsel uzantılarının doğru analize edilebildiğinin göstergesi olabilir.

Tablo 3: Çapraz değerlendirilen iki soru örneği: Bölme bölünebilme ve oran.

Oran sizce nedir?	Bölen ve bölünebilme ile ilgili ne düşünüyorsunuz?			
	Bölen sayı aynı zamanda çarpanıdır. (%33)	bölünenin sayı	Bölünebilen aslında sayesinde (%67)	sayı bölenleri oluşur.
Bir sayının diğerinin kaç katı olduğunu gösterir. (%75)	8		19	
Bölme işlemini ondalıklı sayıya çevirir. (%25)	4		5	

Katılımcılara “ $xy > 0$ ” eşitsizliği ile ilgili düşünceleri sorulduğunda %67’lik kısım (Tablo 4) çarpılan iki sayının pozitif olma durumunda direkt olarak “pozitif” görseline odaklanmış ve bu durumun bilişsel uzantısını pozitif olmanın olumlu olma algısıyla birleştirmiştir. Buna karşılık %33’lük kısım ise direkt olarak çarpım kısmına odaklanmış ve çarpımın bilişsel uzantısını yan yana durma veya arkadaşlık ile birleştirmiştir. Bu birliktelik pozitif güç oluşturduğunda doğrultularının, yönlerinin aynı olması ile özdeşleştirmişlerdir. Aslında verilen iki cevapta eşitsizliğin yapısal birer özelliğidir. Bilişsel uzantıları arasında geri bildirim açısından bir üstünlük nitelemesi yapmak doğru olmaz. Katılımcılara “ $f < g$ ” eşitsizliği için ne düşündükleri sorulduğunda ise %39’u “Arada ikisini ayıran bir sınır vardır” cevabını verirken %61’i “Küçük küçüklüğünü büyükte büyüklüğünü bilmelidir” cevabını vermiştir. Eşitsizliğe ünlü bir ressamın tablosuna bakar gibi bakmaları ve arada ikisi için ortak bir sınırın nerede olduğunu söylemeleri istendiğinde ise “Arada ikisini ayıran bir sınır vardır” cevabını veren 5 kişiden 3 tanesi bu cevaptan vazgeçmiş ve diğer cevabı vurgulamıştır. Sembol olarak “ $<$ ” işareti matematik öğretiminde genelde bir sınır gibi öğretilir. Sınır ise iki varlığı birbirinden kesin olarak ayıran bir olgudur. Hâlbuki böyle bir eşitsizlikte tek bir sınır bulunmamakta, f için bir üst sınır g ve g için bir alt sınır f dir. Bu ikisi sadece birbirlerine sınırdır. Birinci sorunun verdiği algıyla ikinci soruya geçildiğinde bu algı gayet doğal karşılanmalıdır.

Tablo 4: Çapraz değerlendirilen iki soru örneği: Eşitsizlik.

xy > 0 sizce nedir?	f < g için ne söylersiniz?			
	Arada ikisini ayıran bir sınır vardır. (%39)		Küçük büyükte küçüklüğünü büyüklüğünü bilmelidir. (%61)	
Bana arkadaşını söyle, sana kim olduğunu söyleyeyim. (%33)	5(-3)		7(+3)	
x ve y birlikte etkili bir güç oluşturur. (%67)	12		12	

Şimdi birazda bu uzantıların kazanımları nerelerde ortaya çıkar biraz bakalım. Örnek olarak 2024 yılı AYT sınavının matematik sorularını biraz inceleyelim. İlk olarak on birinci matematik sorusuna değinelim.

“a ve b gerçel sayılar olmak üzere gerçel sayılar kümesi üzerinde $f(x) = x^3 + 9x^2 + ax + b$ biçiminde tanımlanan f fonksiyonu; pozitif gerçel sayılarda pozitif, negatif gerçel sayılarda negatif değer almaktadır. Buna göre a sayısının alabileceği en küçük tamsayı değeri kaçtır?”

İlk olarak bu soruda geçen “pozitif gerçel sayılarda pozitif, negatif gerçel sayılarda negatif” anlatımını gördüğümüz anda “bana arkadaşını söyle sana kim olduğunu söyleyeyim” bilişsel uzantısı bize bu ifadede

birlikteliğin olması gerektiğini ilk olarak hatırlatır. Bu durumda fonksiyona baktığımızda bir araya gelen arkadaşlardan farklı olan “b” ifadesinin orada olmaması gerektiğini hemen anlarız $b = 0$. Bu biliş bu soruyu çözenin temel anahtarıdır. Geriye kalan kısım paranteze alındığında ikinci dereceli denklemin kökünün olmaması gerekmektedir. Bu ise ancak a’nın minimum 21 tamsayı değerini almasıyla mümkündür.

İkinci olarak on yedinci matematik sorusuna değinelim.

$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{(1 - \sqrt{x})(\sqrt[3]{x} - 2)}{-x^2 + 9x - 8} = ?$$

İlk bakıldığında 0/0 belirsizliğinin olduğu rahatlıkla görülebilir. Çözüm için türev uygulaması yapılmalıdır. Ancak köklü ifadeler ve paydaki çarpım türev almayı zorlaştırmaktadır. Öğrenci duraklar ve sorunun çözümüne başlayıp başlamama kararında tereddüt eder. Bilişsel uzantının yardımı olmadığında soruyu çözmeme hissi büyük olasılıkla ağır basar. Ancak “bir sayı çarpanlarıyla var olur” algısı öğrenciyi güdülediğinde öğrenci “x” ifadesinin “ a^6 ” şeklinde çarpanlarıyla var olabileceğini görür. Sorunun çözümünün anahtarı buradadır. Bu durumda ifade aşağıdaki sade şekle rahatlıkla döner.

$$\frac{-5a^5 + 2a^3 + a^2 - 2}{-a^{12} + 9a^6 - 8}$$

Bu durumda $x \rightarrow 1$ ile $a \rightarrow 1$ gerekliliğinden dolayı limitin 1/14 olduğunu limit kurallarını uygulayarak rahatlıkla bulabilir. Bu gibi örnekler çoğaltılabilir.

3. Çalışma Sonuçlarının İstatistiksel Açıdan Değerlendirilmesi

Çalışmada Elazığ ili Cemil Meriç Fen Lisesi 12.sınıf öğrencilerinde 36 kişinin katılımıyla klinik mülakat yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem, öğrencilerin matematiksel kavramlara yönelik düşünce yapılarını anlamayı sağlar. Matematik 5 temel konusu (aritmetik işlemler, fonksiyonlar, feometrik kavramlar, sayılar, trigonometri) hakkında görüşler alınmıştır. 16 ikili (çoktan seçmeli) soru ile öğrencilerin düşünce tercihleri ölçülmüştür. Öğretmenlerle de mülakat yapılmış, öğrencilerle karşılaştırılmıştır.

Öğrenci-Öğrenci Bilişsel Uyumu; Öğrenciler arasında yapılan eşleşmelerde Kappa istatistiği %40’ın üzerinde olanlar analiz edilmiştir. Kappa ortalaması %60,02 olarak bulunmuş ve bu durum bilişsel uyumun mevcut olduğunu göstermektedir. Uyumu yüksek olan öğrenciler arasında bazı kümelenmeler gözlemlenmiştir. Bu öğrenciler birbirlerine benzer algılamalar göstermiştir.

Öğrenci-Öğretmen Uyumu; Öğrencilerin öğretmenlerle olan Kappa uyumları da ayrı ayrı analiz edilmiştir. Birinci öğretmenle uyumu %40’ın üzerinde olan 8 öğrenci, ikinci öğretmenle uyumu %40’ın üzerinde olan 9 öğrenci bulunmuştur. Bazı öğrencilerin sadece öğretmeniyle yüksek uyum göstermesi, bu öğrencilerin öğretmeni model olarak bilişsel uzantı geliştirdiğini ortaya koymaktadır.

Konu Bazlı Ortak Cevaplar; Öğrencilere farklı matematik konularında (örneğin: trigonometri, üslü sayılar, çember, eşitsizlik vb.) yöneltilen sorulara verilen cevaplar analiz edilmiştir. Öğrencilerin verdiği ortak yanıtlar bazı kavramların bilişsel olarak kalıcı hale geldiğini göstermektedir.

- ✓ Örneğin, trigonometri deyince öğrencilerin %86’sı “sinüs” yanıtını vermiştir.
- ✓ Üslü sayılar için öğrencilerin %88’i “aynı terimlerin çarpımının kısa gösterimi” şeklinde bir tanım yapmıştır.
- ✓ Bu durum öğretmenlerin kullandığı üslubun öğrencilerde benzer çağrışımları yarattığını göstermektedir.

Bilişsel Uzantının Öğrenme Üzerindeki Etkisi; Öğrencilerin verdiği cevaplar üzerinden yapılan analizler, bu uzantıların öğrencilerin konuları kavrama, yorumlama ve problem çözme becerilerini güçlendirdiğini göstermektedir. Örneğin:

- ✓ Kombinasyon ve permütasyon farkı ile ilgili %89 oranında anlamlı ve doğru ilişkilendirme yapılmıştır.
- ✓ Rasyonel ve irrasyonel sayıların bilişsel anlamlandırılması limit konusuna hazırlık açısından destekleyici bulunmuştur.
- ✓ Sayılarla ilgili yapılan örneklerde, çarpan ve bölen ilişkileri ile yapı-anlam bütünlüğü kurabilen öğrenciler oran kavramını daha isabetli değerlendirmiştir.

Eğitimsel Yorum; Öğrencilerin kendi aralarındaki bilişsel benzerlikler ile öğretmenle olan uyumlarının bir arada değerlendirilmesi, öğretmenin anlatım tarzı ve yaklaşımının öğrencilerin öğrenme biçimleriyle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Öğretmenin kullandığı benzetmeler, örneklemeler ve görsel anlatımların öğrencilerin bilişsel uzantılarının yönünü belirlemede etkili olduğu vurgulanmıştır.

İstatistiksel Sınırlar ve Gelecek Araştırmalar; Kappa analizinin normal dağılımı gözlemlense de örneklem sayısının artırılması gerektiği belirtilmiştir. Çalışmanın tekrarlanarak farklı öğrenci gruplarında uygulanması, uzun vadede öğrenci başarısını öngören bir modelin geliştirilmesini sağlayabilir.

Katılımcılar arasında ikişerli uyumu ya da birlikteliği gösteren istatistiksel araçlardan birisi Kappa istatistiğidir. Kappa istatistiği yüzdelik olarak kullanılır. Ancak uyumun zayıf, orta ve yüksek olarak değerlendirilmesi deneysel çalışmalarda farklılık gösterir. Bazı çalışmalarda %70 ve yukarısı kuvvetli uyumu gösterirken, bazı çalışmalarda ise %60 ve yukarısı kuvvetli uyumu gösterebilmektedir. Bu durum çalışmada kullanılan soru sayısına ve katılımcının soruyu cevaplarken aldığı tavır ve düşünceyle de yakından ilişkilidir. Bizim çalışmamızda Kappa istatistiğinin %40'dan yukarı olması var olan bir uyumu yansıtmaması bakımından yeterli kabul edilecektir. Uyumun yüksek veya orta düzeyde olmasıyla ilgilenilmeyecektir. Bu tip çalışmalarda verilen cevaplar doğru, yanlış veya eksik olarak nitelendirilmez. Sadece iki katılımcı arasında karar verme bakımından uyum olup olmadığına bakılır. Aşağıdaki tabloda klinik mülakata katılan öğrenciler arasından Kappa istatistiği %40'ın üzerinde olan öğrencilerin yüzdelik değerleri gösterilmiştir. Tabloda katılımcıların sıra numaralarının sıralı gitmemesinin nedeni budur. Ayrıca çalışma gönüllülük esasına göre yapıldığından çalışmaya davet edilen ve aile onay belgesi verilen öğrencilerin sadece 36 tanesi klinik mülakata katıldığından dolayı sıra numaralarının yüksek olması okuyucuyu yanıltmasın. Katılımcı kendisine verilen davet numarası ile kodlanmıştır.

Tablo 5: Öğrenciler arasında hesaplanan Kappa istatistiği (%).

	4	7	24	38	41	43	45	47	50	51	55	72
1:	47	68	45	45	78	68	67	78	89	68	78	67
4:		36	15	15	47	57	57	47	36	57	47	57
7:			57	57	68	57	57	68	57	79	68	57
24:				100	65	57	55	43	57	36	43	55
38:					65	57	55	43	57	36	43	55
41:						68	65	76	68	68	76	88
43:							57	68	79	57	68	79
45:								65	57	79	65	55
47:									68	68	100	65
50:										57	68	57

51:	68	57
55:		65

Tablodaki Kappa değerlerine bakıldığında ortalaması 60,02 olan normal dağılıma sahiptir. Elimizde bir ön bilgi olmadığından dağılımın varyansının örnek varyansından tahmin edilmesi sakıncalı olabilir. Bu bakımdan normal dağılımdan çıkarsama yapmak tutarlı olmayabilir. Bu çalışma benzer şekilde katılımcı sayısı artırılarak her sene devam ettirildiğinde elde edilen bilgilerden çıkarsama yapmak daha doğru olur. Bu şekilde elde edilen bilgiler öğrencilerin mezuniyet ortalamaları ve üniversite giriş sınavında aldıkları dereceleri birleştirildiğinde de çalışmanın öğrenci başarısı için bir kriter oluşturup oluşturmadığına da hükmedilebilir.

Benzer şekilde aşağıdaki iki tabloda da öğrencilerin çalışmaya katılan iki öğretmenle uyumları gösterilmiştir. Tabloda yer alan öğrenciler uyumları %40'ın üzerinde olanlardır.

Tablo 6: Birinci öğretmenle Kappa istatistikleri (%) yüksek çıkan öğrenciler.

	6	15	17	18	27	29	65	70
1. Öğretmen	61	59	60	53	43	61	52	53

Tablo 7: İkinci öğretmenle Kappa istatistikleri (%) yüksek çıkan öğrenciler.

	2	3	12	20	34	46	48	49	79
2. Öğretmen	53	59	61	50	50	56	59	86	61

Son iki tabloda yer alan öğrencilerin kendi aralarındaki ikişerli uyumları yüksek olmasına rağmen, diğer öğrencilerle olan ikişerli uyumları düşüktür. Bu durum bu öğrencilerin bilişsel uzantılarda rol model olarak öğretmeni benimsemesinden kaynaklanmaktadır. Bunun başarı açısından sakınca oluşturması düşünülemez. Öğrenci bilişsel uzantılarda kendi modelini oluşturacağı gibi hazır olan bir modeli de alabilir. Önemli olan oluşturulan bilişsel uzantıların büyük ölçüde birliktelik gösterip göstermediğidir. Öğrenciler öğretmenlerinin bilişsel uzantılarına yakın düşünsel yapılar geliştirmiştir. Öğretim sürecinde öğretmenlerin bu uzantıları fark ederek bilinçli şekilde aktarması önerilmektedir. Klinik mülakat yöntemi, öğretmen eğitiminde bir araç olarak değerlendirilebilir. Katılımcı sayısı sınırlıdır. Farklı bölgelerde, karşılaştırmalı çalışmalar önerilir. Bilişsel uzantıların sınav başarısına etkisi uzun dönemli izleme ile değerlendirilebilir.

Bu çalışma göstermiştir ki, matematik öğretmenin kullandığı anlatım üslubu ve zihinsel benzetim modeli, öğrencilerde benzer bilişsel uzantıların oluşmasına neden olabilmekte ve bu durum öğrencinin konuyu öğrenmesini olumlu yönde etkileyebilmektedir. Klinik mülakat yöntemiyle yapılan analizler, geleneksel test yöntemlerinden farklı olarak öğrencilerin algı biçimleri, yorum kabiliyetleri ve soyutlamaya dair düşünce yapılarını ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- Altun, M. (2002). Sayı doğrusunun öğretiminde yeni bir yaklaşım. İlköğretim Online, 1(2).
- Ersoy, Y. (1997). Okullarda matematik eğitimi: Matematikte okur-yazarlık. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 13(13).
- Nasibov, F. & Kaçar, A. (2005). Matematik ve matematik eğitimi hakkında. Kastamonu Eğitim Dergisi, 339.
- Tanışlı, D. (2002). Matematik öğretiminde bilgi değişme tekniğinin etkililiği (Master'sthesis, Anadolu University (Turkey)).
- Türker, N. K. & TURANLI, N. (2008). Matematik eğitimi derslerine yönelik tutum ölçeği geliştirilmesi. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 28(3), 17-29.
- Yenilmez, K. ve Kakmacı, Ö. (2008). İlköğretim Yedinci Sınıf Öğrencilerinin Matematikteki Hazır Bulunuşluk Düzeyi. Kastamonu EducationJournal, 16(2), 529-542.