



BULLETIN OF ECONOMIC THEORY AND ANALYSIS

February 2025 - Volume 10 - Issue 1
Şubat 2025 - Cilt 10 - Sayı 1

e-ISSN: 2548-0707

*Three Issues Per Year
Reviewed Journal*

*Yılda Üç Kez Yayımlanan
Hakemli Dergi*

BULLETIN OF ECONOMIC THEORY AND ANALYSIS

Four Monthly Peer-Reviewed Journal
Yılda Üç Kez Yayınlanan Hakemli Dergi

February 2025 ♦ Volume 10 ♦ Issue 1
Şubat 2025 ♦ Cilt 10 ♦ Sayı 1

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

All right reserved © Her hakkı saklıdır

TRDİZİN



BULLETIN OF ECONOMIC THEORY AND ANALYSIS

February 2025 ♦ Volume 10 ♦ Issue 1

Şubat 2025 ♦ Cilt 10 ♦ Sayı 1

Publisher of the Journal / Yayın Sahibi
Mehmet SONGUR

Editor in Chief / Baş Editör
Erginbay UĞURLU

Assistant Editor / Yardımcı Editör
Özgür ŞAHİN

Correspondence Address / Yazışma adresi
Erginbay UĞURLU
İstanbul Aydın Üniversitesi Florya Kampüsü
Beşyol Mahallesi İnönü Caddesi No:40
Sefaköy İSTANBUL

E-mail / E-posta
betajournals@gmail.com

Web Address / Web Adresi
<http://dergipark.gov.tr/beta>

Bulletin of Economic Theory and Analysis is a peer-reviewed journal published three times a year (in February, June, October).

Bulletin of Economic Theory and Analysis yılda üç kez (Şubat, Haziran, Ekim aylarında) yayımlanan hakemli bir dergidir.

The rights of all the papers accepted for publication belong to the Bulletin of Economic Theory and Analysis.

Yayımlanacak makalelerin tüm yayın hakları Bulletin of Economic Theory and Analysis 'e aittir.

The responsibility of the manuscripts belong to the authors. Bulletin of Economic Theory and Analysis Journal and the editors are not responsible for the manuscripts.

Dergide yayımlanan makalelerin tüm sorumluluğu yazarlara ait olup, bu konuda Bulletin of Economic Theory and Analysis ve editörler sorumlu tutulamazlar.

The articles published in the journal can be cited by giving proper reference.

Dergide yayımlanan makalelerden kaynak gösterilerek aktarma ve alıntı yapılabilir.

EDITOR & EDITORIAL BOARD / EDİTÖR & YAYIN KURULU

EDITORIAL BOARD / YAYIN KURULU

PUBLISHER OF THE JOURNAL / YAYIN SAHİBİ

Assoc. Prof. Ph.D. Mehmet SONGUR

Dicle University / Dicle Üniversitesi

EDITOR IN CHIEF / BAŞ EDİTÖR

Prof. Ph.D. Erginbay UĞURLU

Istanbul Aydın University / İstanbul Aydın Üniversitesi

FIELD EDITORS / ALAN EDİTÖRLERİ

BUSINESS ADMINISTRATION FIELD EDITOR / İŞLETME ALAN EDİTÖRÜ

Assoc. Prof. Ph.D. Çiğdem KURT CİHANGİR

Izmir Bakircay University / İzmir Bakırçay Üniversitesi

ECONOMETRICS FIELD EDITOR / EKONOMETRİ ALAN EDİTÖRÜ

Prof. Ph.D. Erginbay UĞURLU

Istanbul Aydın University / İstanbul Aydın Üniversitesi

ECONOMICS FIELD EDITOR / İKTİSAT ALAN EDİTÖRÜ

Assoc. Prof. Ph.D. Devran Şanlı

Bartın University / Bartın Üniversitesi

PUBLIC FINANCE FIELD EDITOR / MALİYE ALAN EDİTÖRÜ

Assoc. Prof. Ph.D. Üyesi Cihan YÜKSEL

Mersin University / Mersin Üniversitesi

ASSISTANT EDITOR / YARDIMCI EDİTÖR

Özgür ŞAHİN

Başkent University / Başkent Üniversitesi

SCIENCE AND ADVISORY BOARD / BİLİM VE DANIŞMA KURULU

Prof. Ph.D. Alp Erinç YELDAN

Kadir Has University / Kadir Has Üniversitesi

Prof. Ph.D. Aziz KONUKMAN

Ankara Hacı Bayram Veli University / Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi

Prof. Ph.D. Eleftherios THALASSINOS

University of Piraeus / Pire Üniversitesi

Prof. Ph.D. Erginbay UĞURLU

Istanbul Aydın University / İstanbul Aydın Üniversitesi

Prof. Ph.D. Ieva Meidutė-kavaliauskienė

Polytechnic of Porto / Porto Politeknik

Prof. Ph.D. José Duarte SANTOS

Vilnius Gediminas Technical University / Vilnius Gediminas Teknik Üniversitesi

Prof. Ph.D. Justus HAUCAP

Heinrich-Heine-University Düsseldorf / Heinrich Heine Düsseldorf Üniversitesi

Prof. Ph.D. Massimiliano FERRARA

Mediterranea University of Reggio Calabria / Reggio Calabria Akdeniz Üniversitesi

Prof. Ph.D. Mustafa ÖZER

Anadolu University / Anadolu Üniversitesi

Prof. Ph.D. Nicholas APERGİS

University of Piraeus / Pire Üniversitesi

Prof. Ph.D. Robert W. MCGEE

Fayetteville State University / Fayetteville State Üniversitesi

Prof. Ph.D. Serdar VARLIK

Hitit University / Hitit Üniversitesi

SCIENCE AND ADVISORY BOARD / BİLİM VE DANIŞMA KURULU

Prof. Ph.D. Tea KASRADZE

Caucasus International University / Caucasus International Üniversitesi

Assoc. Prof. Ph.D. Demet YAMAN SONGUR

Dicle University / Dicle Üniversitesi

Assoc. Prof. Ph.D. Devran ŞANLI

Bartın University / Bartın Üniversitesi

Assoc. Prof. Ph.D. Havvanur ERGÜN TATAR

Bartın University / Bartın Üniversitesi

Assoc. Prof. Ph.D. Irena JINDRICHOVSKA

Anglo American University / Anglo American University

Assoc. Prof. Ph.D. Mehmet SONGUR

Dicle University / Dicle Üniversitesi

Assoc. Prof. Ph.D. Nadide GÜLBAY YİĞİTELİ

Ankara University / Ankara Üniversitesi

Assoc. Prof. Ph.D. Osman GEYİK

Dicle University / Dicle Üniversitesi

Assoc. Prof. Ph.D. Yusuf MURATOĞLU

Hitit University / Hitit Üniversitesi

Assist. Prof. Ph.D. Anna Maria MERCİK

University of Economics in Katowice / Katowice Ekonomi Üniversitesi

Assist. Prof. Ph.D. Sermin SARICA

Istanbul University / İstanbul Üniversitesi

Assist. Prof. Ph.D. Wim WESTERMAN

University of Groningen / Groningen Üniversitesi

BULLETIN OF ECONOMIC THEORY AND ANALYSIS

February 2025 ♦ Volume 10 ♦ Issue 1

Şubat 2025 ♦ Cilt 10 ♦ Sayı 1

CONTENTS / İÇİNDEKİLER

Original Article / Araştırma Makalesi

Economic Barriers of Autism Spectrum Disorder: A Bibliometric Analysis Ahmet Aydın ARI, Kerim Eser AFŞAR, İrem YAZICI, Muhammet Eyüp GÖKÇEK	1
Bitcoin Fiyatlarının Gri Tahmin ile Modellenmesi Yasemin YURTOĞLU	17
Tax Revenues and Inflation Relationship: A Century-Long Application with Fourier Based Approaches for Türkiye Şeref Can SERİN, Murat DEMİR.....	41
Solid Waste Recovery, Co2 Productivity and Growth: An Empirical Analysis for Sustainable Development in Türkiye Maya MOALLA	67
Bibliometric Analysis of Green Finance Research Using Science Mapping Technique Havva KOÇ.....	91
Dijital Liderliğin Yenilikçi İş Davranışı Üzerindeki Etkisinde İş Biçimlendirmenin Aracı Rolü Güliden KARAKUŞ	125
Causality Effects of Capital Accumulation and Employment on Turkey's Economic Growth: Findings from the Toda-Yamamoto Approach Yaşar TURNA	155
BRICS Ülkeleri Arasında Borsa Entegrasyonu: Dalgacık Yaklaşımı Nuray YUZBAŞIOĞLU	169
Exploring The Twin-Deficit Hypothesis by Considering the Energy Prices in Türkiye: The Evidence from the Rolling Window and the Spectral Causality Analyses İlkay GÜLER.....	209
An Empirical Investigation on the Relationship between Fiscal Transparency and Institutional Quality Nazmiye TEKDEMİR, Eda YEŞİL.....	233
Türkiye'de Makroekonomik Faktörler ve Dünya Belirsizlik Endeksinin Cari Hesap Dengesine Etkileri: 1980 Sonrası için Bir Zaman Serisi Analizi Ömer Tanju DURUSOY.....	257

Konum ve Rota Planlamasında Esneklik Arayışı: Alternatif Yolları Dikkate Alan Konum Rotalama Problemi	
Ergül Kısa TOĞRUL	287
Is the Feldstein-Horioka Puzzle Valid in OECD Countries?	
Ceren PEHLİVAN, Özge KORKMAZ	317
Borsa İstanbul'da İşlem Gören Bankaların Finansal Performanslarının VIKOR Yöntemi ile Belirlenmesi	
Deniz ALTUN, Gizem VAROL.....	339
Türkiye'de Phillips Eğrisinin Geçerliliği: MS-VAR Modeli Yaklaşımı	
Burhan DURGUN	363
Review Article / Derleme Makale	
<hr/>	
İşletme Disiplininde Endüstri 4.0: Türkiye'de Hazırlanmış Lisansüstü Tez Çalışmaları Üzerine Bir Derleme	
Cumali KILIÇ	395



Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 1-15, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 27.07.2024 Accepted / Kabul: 03.11.2024

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1523173>

Economic Barriers of Autism Spectrum Disorder: A Bibliometric Analysis

Ahmet Aydın ARI^a, Kerim Eser AFŞAR^b, İrem YAZICI^c, Muhammet Eyüp GÖKÇEK^d

^a PhD, Dokuz Eylül University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics, İzmir, TÜRKİYE <https://orcid.org/0000-0002-7177-5116>

^b Doç. Dr., Dokuz Eylül University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics, İzmir, TÜRKİYE <https://orcid.org/0000-0002-9853-0186>

^c Undergraduate Student, Dokuz Eylül University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics, İzmir, TÜRKİYE <https://orcid.org/0009-0007-8357-9765>

^d Undergraduate Student, Dokuz Eylül University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics, İzmir, TÜRKİYE <https://orcid.org/0009-0004-9474-6280>

Abstract

The purpose of this study was to analyse the literature on economic barriers related to autism spectrum disorder (ASD) using bibliometric methodology. It was also aimed to contribute to the understanding of research trends on the economic aspects of ASD. The relevant literature was obtained from the WoS database and analysed using the Bibliometrix package via R Studio. The dataset covered the years 2003-2024 and 95 articles were accessed. The selected documents were analysed and visualized using MS Excel and Biblioshiny applications. The findings showed that the first article about the relevant literature in the WoS database was written in 2003 and the articles written in the last 5 years accounted for more than half of the literature. Information on the most publishing journals, universities and countries and the most cited publications were also obtained. The most repeated words were child and economic burden with 28 repetitions, while expenditures and prevalence shared the second place with 14 repetitions each. Additionally, the word recruitment ranked highly with 7 repetitions in the relevant articles, which was consistent with the topic of the study. It is anticipated that the findings of this analysis will provide direction and a foundation for future research.

Keywords

Autism Spectrum Disorder, Bibliometric Analysis, Health Economics

JEL Classification

I10, I14, I18

Contact Ahmet Aydın ARI ✉ aydin.ari@deu.edu.tr Dokuz Eylül University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics, İzmir, TURKIYE

Citation Ari, A. A., Afşar, K. E., Yazıcı, İ., & Gökçek, M. E. (2025). Economic barriers of autism spectrum disorder: A bibliometric analysis. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 1–15.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Otizm Spektrum Bozukluğunun İktisadi Bariyerleri: Bibliyometrik Analiz

Öz

Bu çalışmanın amacı, Otizm Spektrum Bozukluğu (OSB) ile ilgili iktisadi bariyerleri ele alan literatürü bibliyometrik yöntemle analiz etmektir. Ayrıca, OSB'nin iktisadi yönü üzerine araştırma eğilimlerinin anlaşılmasına katkıda bulunması hedeflenmiştir. İlgili literatür WoS veri tabanından elde edilmiş olup R-Studio üzerinden Bibliometrix paketi kullanılarak analiz edilmiştir. Veri seti 2003-2024 yıllarını kapsamakta olup 95 makaleye erişilmiştir. Seçilen belgelerin analizi ve görselleştirilmesi MS Excel ile Biblioshiny uygulamaları kullanılarak yapılmıştır. Bulgular, WoS veri tabanında ilgili literatür hakkında ilk makalenin 2003 yılında yazıldığını, son 5 yılda yazılan makalelerin literatürün yarısından fazlasını oluşturduğunu göstermiştir. En çok yayın yapan dergi ve üniversite, en fazla makale yayınlayan ülkeler, en çok atıf alan yayın bilgisine de ulaşılmıştır. En çok tekrar edilen kelimeler 28 tekrar ile çocuk ve ekonomik yük iken harcamalar ve prevalans 14'er tekrar ile ikinci sırayı paylaşmaktadır. Ayrıca araştırmanın konusu doğrultusunda söz konusu makalelerde işe alım kelimesi 7 tekrar ile üst sıralarda yer almıştır. Bu analizin sonuçlarının yeni çalışmalar için bir temel ve yönlendirme görevi görmesi öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler

Otizm Spektrum Bozukluğu, Sağlık Ekonomisi, Bibliyometrik Analiz

JEL Kodu

I10, I14, I18

1. Introduction

Autism Spectrum Disorder (ASD) is a neurodevelopmental disorder that causes individuals to experience significant difficulties in social interaction, communication and behaviour, usually beginning in childhood. It is important to understand the life experiences of people diagnosed with ASD, their employment as productive individuals, the barriers they face in education and community life in order to improve their social participation and quality of life. Studies show that the difficulties faced by people with ASD in education, health and employment processes result in significant costs at both individual and societal levels.

The goal of this study is to analyse the literature on economic barriers related to ASD using bibliometric methods. Although many dimensions of ASD have been analysed using bibliometric methods, no bibliometric study on the economic dimension of ASD has been found in the literature. This study aims to contribute to the relevant literature in this regard.

In the following sections, we first review the relevant literature on the economic dimension of the ASD. We then describe the methodology, and the bibliometric analysis. We present our findings, provide some discussion and conclude.

2. Autism Spectrum Disorder and Its Economic Dimensions

Autism Spectrum Disorder (ASD) is a neurodevelopmental disorder that causes individuals to experience significant difficulties in social interaction, communication and behaviour, usually beginning in childhood. Although the etiology of ASD has not been completely understood yet, it is suggested that it is the result of a complex interaction of genetic and environmental factors. While some individuals can survive with mild symptoms, others exhibit symptoms that require more intense and continuous support. Therefore, different clinical pictures are observed in each individual (Feng et al., 2022: 1).

According to DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder) criteria, ASD is one of the most diagnosed and researched disorders in the international literature (Cavkaytar et al., 2016). The word *autism* is derived from the Greek word *autós* meaning *self*. It was the Swiss psychiatrist Eugen Bleuler, who first used this term in 1908 to describe the withdrawal from reality in schizophrenia patients (Gaviria-Marin et al., 2018).

In 1943, American child psychiatrist Leo Kanner redefined ASD by examining 11 cases and stating that these cases were different from schizophrenia (van Nunen et al., 2018: 248). As a result of these analyses, it is argued that ASD individuals generally experience deficits in three areas. Firstly, social interaction and communication difficulties and repetitive/restricted behaviours are noticed. It can also show itself with significant impairments in non-verbal behaviours such as eye contact, facial expression and body postures. In addition, stereotypical repetitive behaviours and loss of interest in social functions, communications and activities are within the scope of these deficits (Sharma et al., 2018).

Understanding the life experiences of individuals diagnosed with ASD, their career development processes, and the barriers they face in social and academic areas is important to improve their social participation and quality of life. Additionally, early diagnosis and intervention programs not only improve the quality of life of individuals, but also create an impact that alleviates the social and economic burden. Studies have shown that less than 40% of students with autism successfully complete their education, and although these individuals face many difficulties in academic and social areas, they benefit from supports at low rates (Anderson, 2018; Gurbuz et al., 2019; Van Hees et al., 2015).

Economic studies have shown that the difficulties faced by people with ASD in education, health and employment processes result in significant costs at both individual and societal levels. In a study conducted in the USA in 2015 which was covering the years 2015-2025, the economic burden of ASD was tried to be estimated. In this study, the total annual direct medical, direct non-medical and productivity costs were estimated to be 268 billion dollars (162-367 billion dollars range; 0.884-2.009% of GDP) for 2015. For 2025, these costs are projected to reach \$461 billion (range \$276-1011 billion; 0.982-3.600% of GDP) (Leigh & Du, 2015). In another study, it was concluded that the cost of providing support to an individual with ASD was 1.4 million dollars in the USA and 0.92 million pounds sterling (1.4 million US dollars) in the UK in 2013 (Buescher et al., 2014). Therefore, analysing the economic effects of ASD on society is important in terms of contributing to the development of more effective and inclusive strategies by policy makers and social scientists.

3. Methodology

In this study, bibliometric analysis method was used to analyse the international literature approaching ASD from an economic perspective. Bibliometric analysis is a technique that assists researchers in overviewing a large volume of academic literature. It is done by quantitatively analysing information on publication history, mapping and visualizing the features and progress of scientific outputs in a particular research area (van Nunen et al., 2018).

This method is used to evaluate and measure the performance and research models of authors, journals and countries (Hernández-González et al., 2023: 1). Since the existing scientific literature on a particular research field or topic is usually very large, this makes it difficult for researchers to have a structured overview of the relevant information (Shekarro et al., 2023). Therefore, bibliometric analysis has become a popular method to explore and analyse large volumes of scientific data.

Data is analysed with bibliometric software such as Gephi, Leximancer, VOSviewer and with the use of scientific databases such as Scopus and Web of Science (Merigó et al., 2017). The main purpose of this method is to find out the latest developments, research topics and tendencies in a specific research area. Thus, bibliometric studies can provide solid foundations for advancing a field in new and meaningful ways (Zhang et al., 2022: 1). Bibliometric analysis can enable scientists to receive a one-stop overview, identify knowledge gaps, and derive new ideas for

research. Consequently, it reveals the possibility of strengthening contributions to various fields (Donthu et al. 2021).

The data used in this study was obtained from the Web of Science (WoS) database and analysed using the Bibliometrix package through R Studio. We collected our data set by searching through WoS the keywords “*autism spectrum disorder, economic effect, economic cost, economic burden*”. Table 1 presents an overview of the data set. 95 articles covering the years 2003-2024 were accessed. The average age of 95 articles published from 69 different sources and contributed by 632 researchers was 4.94 years.

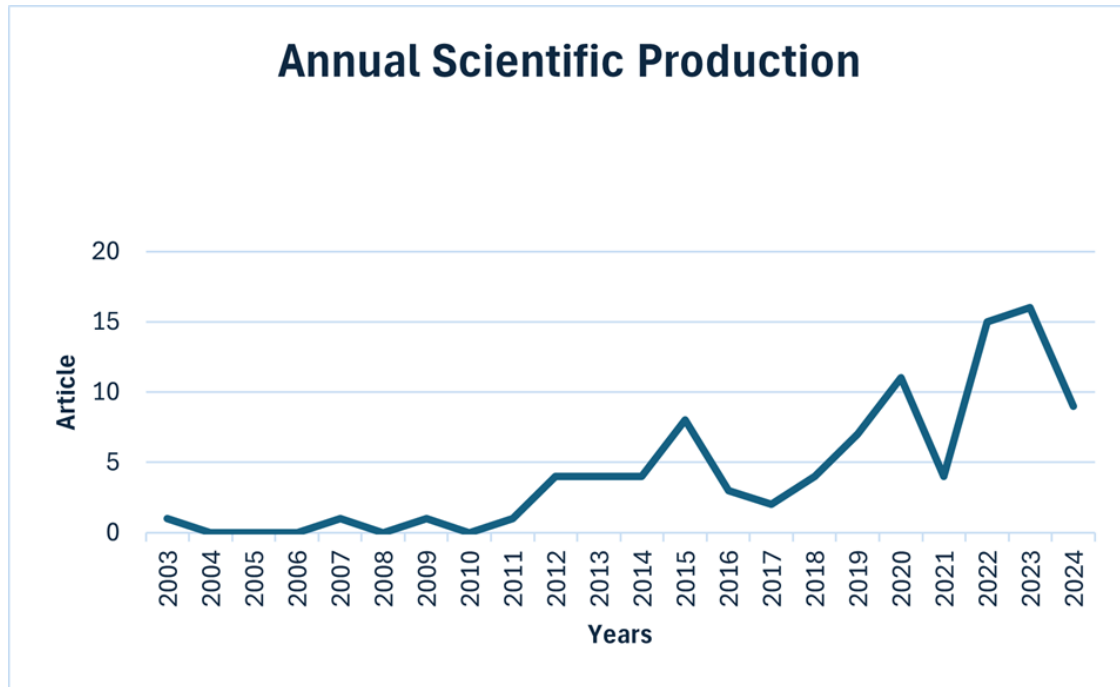
Table 1

An Overview of the Data Set

An overview of the data set	Results
Time period	2003-2024
Number of resources	69
Number of publications	95
Annual growth rate (%)	11.03
The average age of publications	4.64
Number of authors	632

4. Findings

The distribution of 95 articles accessed from the WoS database with the keywords used to investigate the economic dimension of Autism Spectrum Disorder by years is shown in Graph 1.



Graph 1. Number of Articles Produced Annually

As it is seen in Graph 1, the first prominent research in literature on the related topic was conducted in 2003. Between 2003 and 2010, the studies in the literature on this subject were limited and stable. After the 2010s, the economic aspect of ASD started to be highlighted in literature and studies accelerated. The studies conducted in the last 5 years constitute more than half of the entire literature. Especially the peaks in the last 2 years show that the interest in the economic aspect of ASD has increased in the literature and has become a very popular topic.

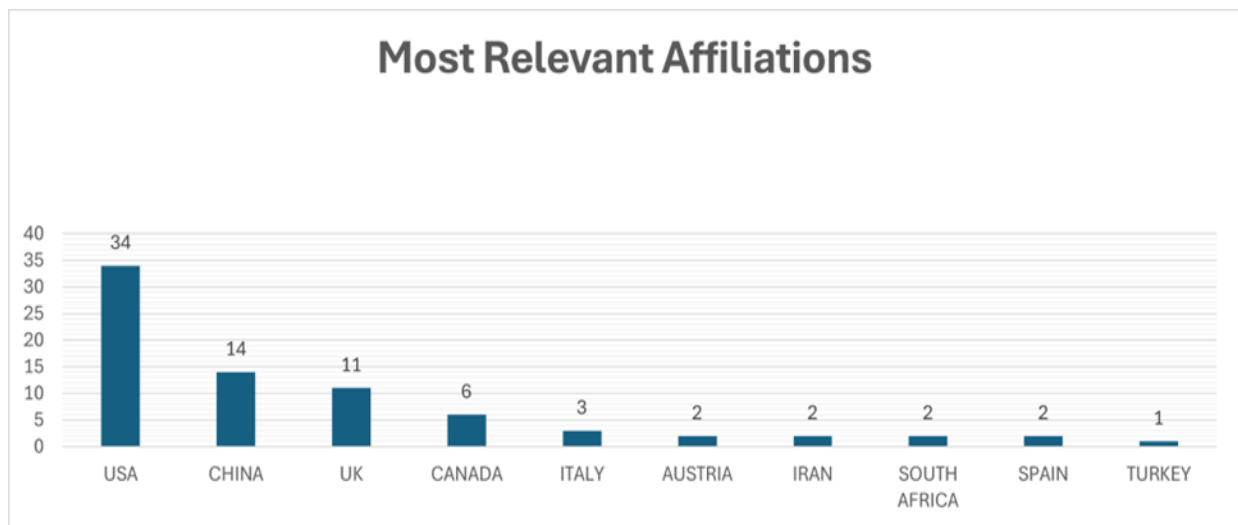
Table 2

Distribution of Articles by Resources

Resources	Articles
Journal of Autism and Developmental Disorders	9
Autism	5
BMC Psychiatry	3
Pediatrics	3
Plos One	3
Translational Psychiatry	3
Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research	2

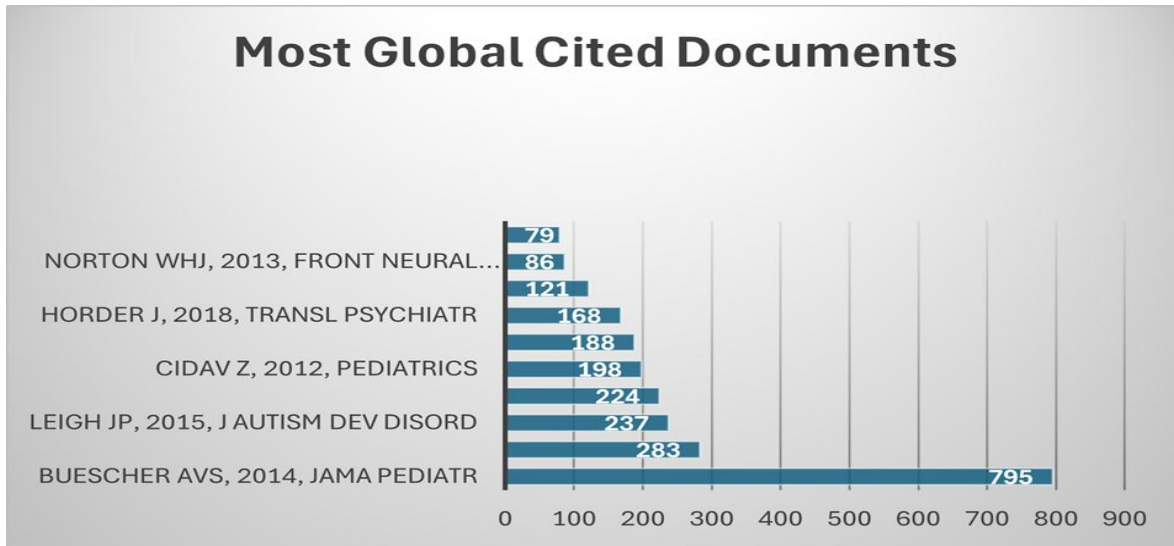
BMC Health Services Research	2
Epilepsy \& Behaviour	2
European Journal of Psychotraumatology	2

Table 2 shows the top ten resources with the most publications on this subject. A total of 69 journals produced 95 publications on the related subject. Journal of Autism and Developmental Disorders was the journal that published the most on this subject with 9 publications. When the top ten journals were examined, it was seen that all of the studies were published in journals in the field of ASD and pervasive developmental disorders.



Graph 2. Distribution of Publications by Country

Graph 2 presents the distribution of the publications produced according to countries. As can be seen from the graph, the top 3 countries with the highest number of publications on this subject were the United States of America, the People's Republic of China and the United Kingdom. Publications from Turkey constituted 1.9% of the related literature.



Graph 3. Most Cited Publications

Graph 3 shows the global citation numbers of publications in this field. The article *Costs of Autism Spectrum Disorders in the United Kingdom and the United States* by Buescher et al. (2014) was the most cited publication in this field. The article analysed both the economic effects experienced by individuals with ASD and their families and the impact of this situation on the whole society. The article *Economic burden of childhood autism spectrum disorders* by Lavelle et al. (2014) was the second most cited publication in this field. In this article, in addition to health expenditures of individuals with ASD, non-health and education expenditures were investigated. *Brief report: Forecasting the economic burden of autism in 2015 and 2025 in the United States* by Leigh and Du (2015) was the third most cited article. This article, which is rare in the literature, tried to predict the economic burden of individuals with ASD prospectively between 2015 and 2025.

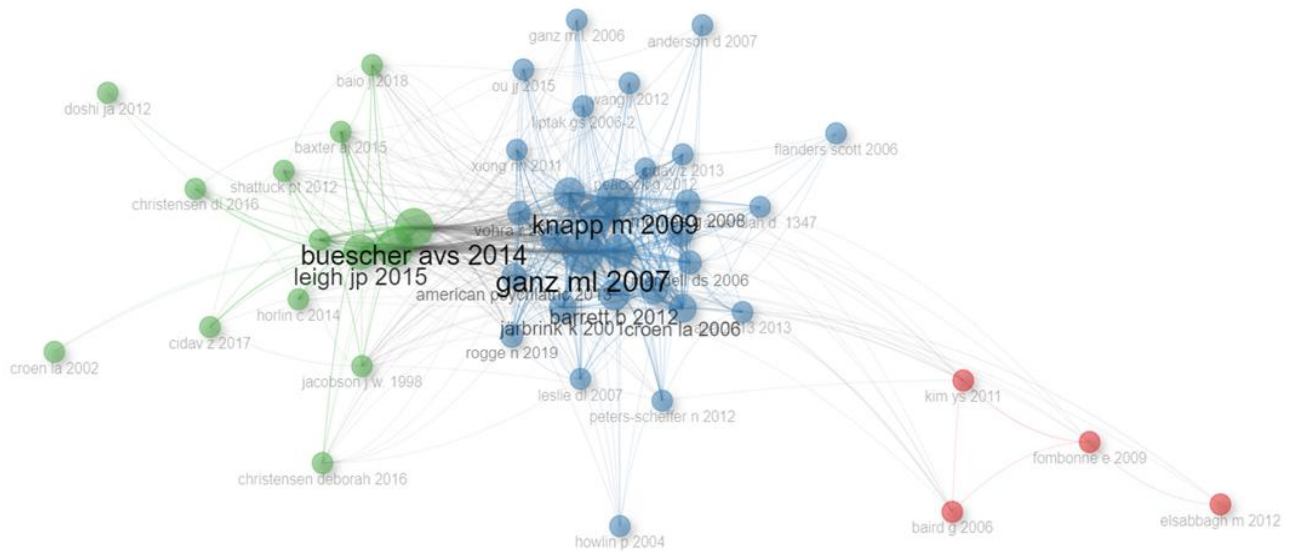
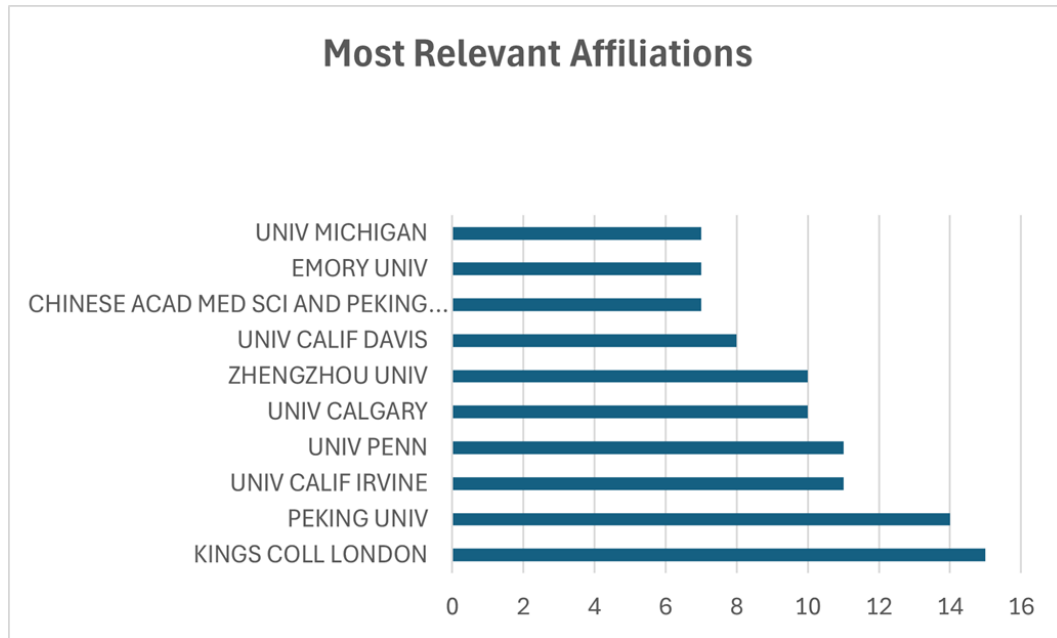


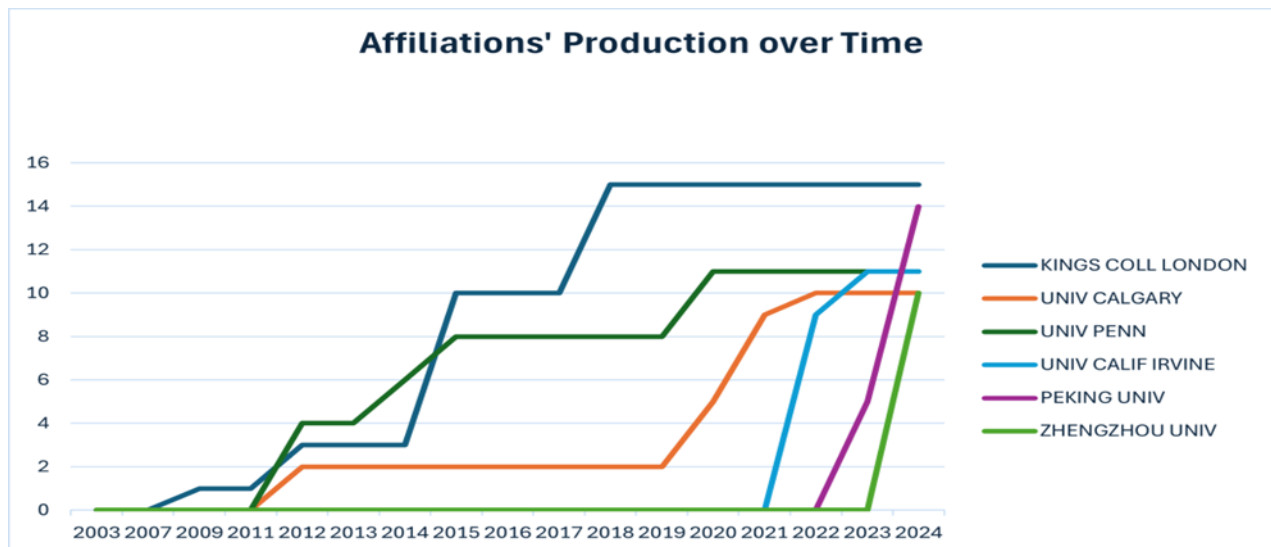
Figure 1. Common Citation Analysis of Publications

Figure 1 shows the co-citation map created according to the most frequently cited studies in the dataset. In other words, this map shows the distribution of the sources referenced in multiple studies at the same time. While the publications that are seen in bold font on the map are the most cited publications, the thickness of the links between them shows the collaboration strength of these articles. Buescher et al. (2014), Lavelle et al. (2014), Leigh and Du (2015) were the most cited in their clusters in the co-citation analysis. Ganz (2007), with his study *The lifetime distribution of the incremental societal costs of autism*, was at the critical node in the cluster represented in blue.



Graph 4. Number of Publications by Universities

Graph 4 shows the distribution of authors according to the universities where they work. Accordingly, King's College London was the university with the highest number of publications with 15 publications, while Peking University and University of California ranked second and third.



Graph 5. Publications of Universities by Years

Graph 5 presents the number of publications of universities according to years. As seen in the graph, in the last 2 years, California, Beijing and Zhengzhou universities increased their number of publications in this field significantly.



Figure 2. Word Cloud

Figure 2 shows the distribution of the words used more than once in the titles and keywords of these publications. As can be seen 50 words were noticeable and these words were repeated a total of 392 times. The most repeated words were *child* and *economic burden* with 28 repetitions, while *expenditures* and *prevalence* shared the second place with 14 repetitions each. In addition, in line with the subject of the study, the word *recruitment* ranked high with 7 repetitions in the articles issued.

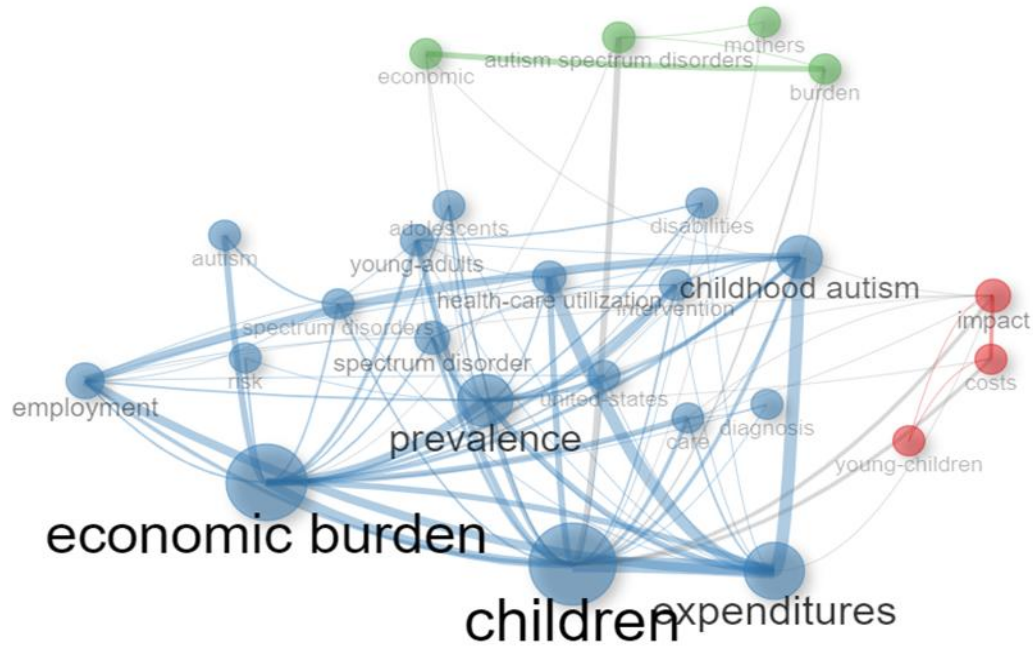


Figure 3. Co-occurrence Network of Keywords

Figure 3 shows the co-occurrence network of keywords. In this network, the keywords written in bold font appeared in more than one article, while the links between them showed the frequency of occurrence in the same text with those words. While the words *economic burden*, *child*, *expenditures* were gathered in a cluster, the words *prevalence*, *recruitment*, and *childhood autism* had a high connection with each other.

5. Conclusion and Discussion

The aim of this study was to examine the literature on the economic aspects of autism spectrum disorder and to reveal the development and trends in the related subject. In this direction, the data obtained from the Web of Science (WoS) database were analysed through the Biblioshiny application to create and visualize bibliometric networks.

The dataset covered the years between 2003 and 2024. It included 69 sources, 95 articles and 632 authors. The average annual growth rate of the dataset was 11.03%. The average age of publications was 4.94 years. While the studies conducted in the last 5 years constituted more than half of the literature, the number of studies conducted in the last 2 years was the highest in 21 years. Considering the number of articles written as of the 7th month of 2024, it is seen that this trend

continues. In this direction, although the economic aspect of ASD is relatively new in the literature, research on this issue continues to increase.

In the distribution of publications according to countries, the USA, China and the United Kingdom were in the first 3 ranks. Only one article from Turkey was included in the data obtained from the WoS database. Bilgiç et al. (2013) wrote *Use of complementary and alternative medicine in children with autism spectrum disorders: A multicenter study*. In the article, the frequency of use of complementary and alternative medicine (CAM) practices by families of children with ASD, the attitudes and beliefs of families about these practices, and the economic burden of these practices on the family budget were examined. When the relevant literature was searched manually through Turkish sources other than the WoS database, the article -in Turkish- titled *Economic burdens of families in autism spectrum disorder/Pervasive developmental disorder* written by Cinar et al. (2023) was reached. A questionnaire was used in the study and the findings showed that the most important economic burden of families was education, followed by doctor and psychologist expenses.

Individuals with ASD and their families suffer from various direct and indirect expenses in daily life due to this disorder. At the same time, the barriers to individuals' participation in social and labour life cause many economic costs. Although ASD is frequently analysed in the literature in many aspects such as early diagnosis, treatment, education and public services, the literature on the economic aspect of the subject is limited both nationally and internationally. In this regard, the present study is expected to shed light on future studies in the related field, considering the recent increased interest in the economic aspects of ASD.

Declaration of Research and Publication Ethics

This study which does not require ethics committee approval and/or legal/specific permission complies with the research and publication ethics.

Researcher's Contribution Rate Statement

The authors declare that they have contributed equally to the article.

Declaration of Researcher's Conflict of Interest

There are no potential conflicts of interest in this study.

References

- Anderson, A.H., Carter, M. & Stephenson, J. (2018). Perspectives of university students with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48, 651–665. <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3257-3>
- Bilgiç, A., Cöngöloğlu, M.A., Hergüner, S., Türkoğlu, S., Bahalı, M.K., Gürkan, K., Durukan, İ. & Türkbay, T. (2013). Use of complementary and alternative medicine in children with autism spectrum disorders: A multicenter study. *Nörosikiyatri Arşivi*, 50(3), 237-243.
- Buescher, A.V.S., Cidav, Z., Knapp, M. & Mandell, D. S. (2014). Costs of autism spectrum disorders in the United Kingdom and the United States. *JAMA Pediatrics*, 168(8), 721-728. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2014.210>
- Cavkaytar, A., Yücesoy Özkan Ş., Ergenekon Y., Çolak A., Kaya Ö. (2016). *Otizm Spektrum Bozukluğu*. 2. Baskı. Ankara: T.C. Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı, Engelli ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Çinar, İ., Çinar, Ş., Sarıkaya, E. & Yağızefe, D. (2023). Otizm spektrum bozukluğu/Yaygın gelişimsel bozuklukta ailelerin ekonomik yükleri. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 26(1), 49-64.
- Donthu, N., Kumar S., Mukherjee, D., Pandey, N. & Lim, W.M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Feng, X.W., Hadizadeh, M. & Cheong, J.P.G. (2022). Global trends in physical-activity research of autism: Bibliometric analysis based on the Web of Science Database (1980–2021). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(12), 7278. <https://doi.org/10.3390/ijerph19127278>
- Ganz, M. L. (2007). The lifetime distribution of the incremental societal costs of autism. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 161(4), 343-349. <https://doi.org/10.1001/archpedi.161.4.343>
- Gaviria-Marin, M., Merigo, J.M. & Popa, S. (2018). Twenty years of the Journal of Knowledge Management: A bibliometric analysis. *Journal of Knowledge Management*, 22(8), 1655-1687. <https://doi.org/10.1108/JKM-10-2017-0497>
- Gurbuz, E., Hanley, M. & Riby, D.M. (2019). University students with autism: The social and academic experiences of university in the UK. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49, 617–631. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3741-4>
- Hernández-González, O., Fresno-Rodríguez, A., Spencer-Contreras, R.E., Tárraga-Mínguez, R., González-Fernández, D. & Sepúlveda-Opazo, F. (2023). Research mapping of trauma experiences in autism spectrum disorders: A bibliometric analysis. *Healthcare*, 11(9), 1267. <https://doi.org/10.3390/healthcare11091267>

-
- Lavelle, T. A., Weinstein, M. C., Newhouse, J. P., Munir, K., Kuhlthau, K. A. & Prosser, L. A. (2014). Economic burden of childhood autism spectrum disorders. *Pediatrics*, 133(3), e520-e529. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1542/peds.2013-0763>
- Leigh, J. P. & Du, J. (2015). Brief report: Forecasting the economic burden of autism in 2015 and 2025 in the United States. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45, 4135-4139. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2521-7>
- Merigó, J. M. & Yang, J.B. (2017). A bibliometric analysis of operations research and management science. *Omega*, 73, 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2016.12.004>
- Sharma, S.R., Gonda, X. & Tarazi, F.I. (2018). Autism spectrum disorder: Classification, diagnosis and therapy. *Pharmacology & Therapeutics*, 190, 91-104. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2018.05.007>
- Shekarro, M., Fazeli-Varzaneh, M. & Kuravackel, G.M. (2023). A bibliometric analysis of executive functions in autism spectrum disorder. *Current Psychology*, 42, 6117–6130. <https://doi.org/10.1007/s12144-021-01947-6>
- Van Hees, V., Moyson, T. & Roeyers, H. (2015). Higher education experiences of students with autism spectrum disorder: Challenges, benefits and support needs. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45, 1673–1688. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2324-2>
- van Nunen, K., Li, J., Reniers, G. & Ponnet, K. (2018). Bibliometric analysis of safety culture research. *Safety Science*, 108, 248-258. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.08.011>
- Zhang, S., Wang, S., Liu, R., Dong, H., Zhang, X. & Tai, X. (2022). A bibliometric analysis of research trends of artificial intelligence in the treatment of autistic spectrum disorders. *Frontiers in Psychiatry*, 13, 967074. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.967074>





Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 17-40, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 26.09.2024 Accepted / Kabul: 07.11.2024

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1556616>

Bitcoin Fiyatlarının Gri Tahmin ile Modellenmesi

Yasemin YURTOĞLU^a

^aDr. Öğr. Üyesi, Ufuk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

<https://orcid.org/0000-0002-7177-5116>

Öz

Tarihin başlangıcından itibaren sürekli evrim geçiren para, insanlık tarafından geliştirilen en önemli araçlardan biridir. Para, insanların gelecekteki ve anlık ihtiyaçlarını karşılamak için belirlenen bir değeri temsil eder. Para kavramı, dönemin koşullarına ve imkânlarına göre farklı şekillerde ortaya çıkar. Kripto paraların temelleri 1980'lerde atılmış olup, 2008 yılında Satoshi Nakamoto tarafından Bitcoin'in tanıtılmasıyla hayatımıza girmiştir. Geleneksel paralara alternatif olarak ortaya çıkan kripto paralar, teknolojik bir yenilik olup her geçen gün daha da popüler hale gelmektedir. Bitcoin, merkezi bir otorite tarafından yönetilmeyen ilk kripto paradır ve popülerliği ve başarısı diğer alternatif kripto paraların oluşmasına yol açmıştır. Julong Deng tarafından 1982 yılında geliştirilen "Gri Sistem Teorisi", belirsiz sistemlerin davranışlarını tahmin etmek için kullanılan bir yöntem olup GM (1,1) modeli en sıklıkla kullanılan gri modeldir. Bu çalışma, Bitcoin'in fiyatlarını GM (1,1) modeli kullanarak tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma sonucunda, modelin gelecek dönem tahminleri için uygun olduğu ve başarılı tahminler yaptığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Bitcoin,
Kripto Para,
Gri Sistem Teorisi,
Gri Modelleme

JEL Kodu

C02, C13, E37, E44, G17

İletişim Yasemin YURTOĞLU ✉ yaseminyurtoglu@gmail.com ☒ Ufuk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

Atıf Yurtoğlu, Y. (2025). Bitcoin fiyatlarının gri tahmin ile modellenmesi. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 17–40.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Modelling Bitcoin Prices with Grey Forecasting

Abstract

Money, which has constantly evolved since the beginning of history, is one of the most important tools developed by humanity. Money represents a value determined to meet the future and immediate needs of people. The concept of money emerges in different ways according to the conditions and possibilities of the period. The foundations of cryptocurrencies were laid in the 1980s and entered our lives with the introduction of Bitcoin by Satoshi Nakamoto in 2008. Cryptocurrencies, which emerged as an alternative to traditional currencies, are a technological innovation and are becoming more and more popular every day. Bitcoin is the first cryptocurrency not managed by a central authority, and its popularity and success has led to the creation of other alternative cryptocurrencies. 'Grey System Theory', developed by Julong Deng in 1982, is a method used to predict the behavior of uncertain systems and the GM (1,1) model is the most frequently used grey model. This study aims to predict the prices of Bitcoin using the GM (1,1) model. As a result of the research, it was determined that the model is suitable for future forecasts and makes successful forecasts.

Keywords

Bitcoin,
Cryptocurrency, Grey
System Theory,
Grey Modelling

JEL Classification

C02, C13, E37, E44,
G17

1. Giriş

Günümüzde bilim ve teknolojinin hızla ilerlemesi, mobil kullanımın artması ve internetin her yerden erişilebilir olması, para kavramının değişmesine yol açmıştır. Geleneksel paraya alternatif olarak ortaya çıkan kripto paralar, önemli bir teknolojik gelişmedir ve her geçen gün daha da popüler hale gelmektedir. Kripto paralar, dijital varlıklar olarak bilinen ve şifrelenmiş işlemleri sağlayan sanal paralardır. Kripto para, geleneksel paranın yerine geçen ve dijital ortamda kullanılan bir para birimidir (Çarkacıoğlu, 2016).

Kripto paraların temeli 1980'li yıllara kadar uzanmaktadır, ancak en ünlüsü 2008 yılında gerçek kimliği belirsiz Satoshi Nakamoto takma isimli kişi tarafından oluşturulan Bitcoin'dir. Bitcoin, merkezi bir otorite tarafından yönetilmeyen ilk kripto para birimidir ve sektörün öncüsü olarak kabul edilmektedir. Bitcoin'in başarısı ve popülerliği arttıkça, birçok yeni kripto para ortaya çıkmıştır. Bu dijital para birimlerinin ayakta kalmasını sağlayan temel özellik blok zinciri adı verilen açık bir dijital defter teknolojisidir. Blok zincir, hesap hareketlerinin kaydedilmesini sağlayan güvenilir bir veri tabanıdır. Hesap hareketleri, dijital olarak imzalanarak gerçekliğini korumakta ve kimse bu kayda müdahale edememektedir (Şahin, 2016).

Kripto para birimleri, kriptografi temelli blok zinciri yapısını kullanarak oluşturulan, fiziksel bir karşılığı ve merkezi bir otoriteye bağlı olmayan, hızlı, düşük maliyetli ve güvenli bir şekilde işlem yapılabilen sanal para birimleridir. Bu tür paraların değeri, devlet itibarından veya

maden değerinden değil, piyasadaki arz ve talebe göre belirlenmektedir (Eğilmez, 2017). Kripto paraların geleceği hakkında farklı görüşler olmasına rağmen, avantajlarını ve dezavantajlarını açıklamak önemlidir. Kripto paraların bazı avantajları, enflasyon riski olmaması, eşler arası işlem ağı, sınırsız işlem imkânı, düşük işlem maliyeti, merkeziyetçilikten uzak olması, kullanım kolaylığı, hızlı işlem imkânı, anonimlik, şeffaflık, sahibine ait olma, kişisel bilgilerin korunması, düşük dolandırıcılık riski ve borç niteliği taşıyıp taşımayacağıdır. Buna karşın dezavantajları ise güvenlik, kullanım alanının sınırlı olması, yasadışı kullanım riski, fiziksel bir karşılığının bulunmaması, fiyatlarında yüksek dalgalanma oranları, yüksek elektrik tüketimi ve depolama sorunudur.

Bu çalışmanın amacı, gri sistem teorisi kullanarak Bitcoin fiyatlarının değişimlerini tahmin etmektir. Çalışmada, kullanılan Bitcoin günlük kapanış fiyatları investing.com web adresinden alınmıştır. Günlük kapanış verileri, kripto para piyasasındaki önemli değişimleri yansıttığı için tercih edilmiştir. Bitcoin fiyatlarının tahmini için GM (1,1) modeli kullanılmış ve sadece yirmi bir gözlem üzerinde çalışma yapılmıştır. Örneklem, 01/07/2024 - 21/07/2024 tarihleri arasında ABD doları cinsinden gerçekleşmiştir. Çalışmadan elde edilecek sonuçlar bir yatırım tavsiyesi olmamakla birlikte yatırımcıların gelecek ile ilgili karar almalarında yol gösterici olması açısından önemlidir. Ayrıca, çalışmada son dönem verilerini kullandığı için güncel bir nitelik taşımaktadır. Çalışma sırası ile giriş, kripto para kavramı ve Bitcoin, literatür taraması, ekonometrik yöntem ve bulguları bölümlerini takiben sonuç ve değerlendirmelerin yer aldığı sonuç bölümünden oluşmaktadır.

2. Kripto Para Kavramı ve Bitcoin

Kripto para birimlerinin piyasaya sürülmesi, fiyatlarda dalgalanmalara yol açabilmektedir. Yeni bir kripto para piyasaya sürüldüğünde, fiyatlar genellikle yüksek volatilité göstermekte ve yatırımcılar tarafından hızlıca alınıp satılmaktadır. Fiyatlar, kripto paranın toplam arzından da etkilenmektedir. Arz sınırlı ve talep yüksekse fiyatlar yükselebilmektedir. Arz fazla ve talep düşükse fiyatlar da düşebilmektedir (White, 2015). Kripto para yatırım zirvesi 2022'nin ilk çeyreğinde 11,1 milyar dolar olarak kaydedilmiş, ancak 2023'ün dördüncü çeyreğinde sadece 1,7 milyar dolara düşmüştür. Kripto para yatırımları 2024'ün başında 2,4 milyar dolara yükselmiştir.

Kripto paraların piyasa değeri birçok faktöre bağlıdır ve kripto paralar piyasada hızla popüler hale gelmiştir. Ekonomideki yeri ise giderek artan kabul görme eğilimindedir ve

yatırımcılar tarafından da tercih edilmektedir. Ancak, kripto paraların hala belirsizlikler ve riskler taşıdığı unutulmamalıdır (Özuysal, 2023).

Kripto para birimlerinin tam sayısı bilinmemekle birlikte, şu anda binlerce farklı türü bulunmaktadır. Genellikle merkez bankaları tarafından çıkarılmayan, onaylanmayan ve düzenlemeye tabi tutulmayan varlıklardır. Bilgisayarlarda matematiksel algoritmaların çalıştırılmasını içeren madencilik yoluyla üretilmektedir. Bu süreç genellikle bireyler, şirketler ve akademik kurumlar tarafından yürütülmekte, ancak kripto paraların çoğu bireyler tarafından üretilmektedir. Büyük teknoloji şirketleri de kripto para birimleri yaratmak için çeşitli çabalar göstermiş olsa da sektör daha kurumsal hale geldikçe yenilerine talep olup olmayacağı belirsizliğini korumaktadır. Kripto paralar hükümetlere bağlı olmadıkları ve fiziksel olarak var olmadıkları için, eşler arası ödeme sistemleri olarak işlev görmektedirler. Sonuç olarak, kullanıcıların anonimliklerini korumalarına izin verirken sınır ötesi işlemler için uygun bir araç sağlamaktadırlar (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Kripto Para Araştırma Raporu, 2020).



Grafik 1. Kripto Paralar için Toplam Piyasa Değeri

(<https://www.tradingview.com/markets/cryptocurrencies/global-charts/> Erişim Tarihi: 22/07/2024).

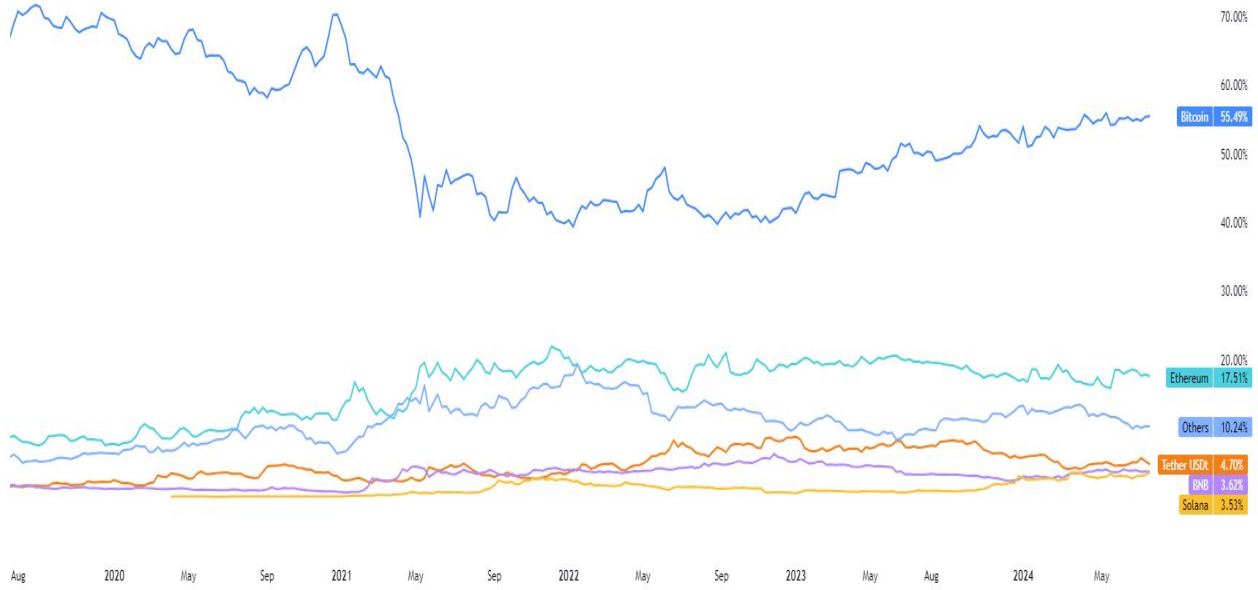
Grafik 1 incelendiğinde; toplam kripto piyasası değeri 2,382 Trilyon \$'dır. Altcoinler, Bitcoin dışındaki diğer kripto paraları ifade etmektedir. Altcoinler, Bitcoin ve diğer kripto paralar gibi Amerikan dolarının (\$) çok küçük bir parçasından bile oluşturulabilen bir kripto para çeşididir.

Altcoinler içinde en popüler olanlar Ethereum (ETH), Tether (USDT), BNB (BNB), Solana (SOL), Dogecoin (DOGE), Ripple (XRP) ve Cardano (ADA) yer almaktadır. Her altcoinin kendine has özellikleri ve potansiyel kullanım alanları vardır. Altcoinlerin piyasa değeri bugün itibarıyla 240,766 milyar \$'dır.

Bitcoin, kripto para dünyasında 2009 yılında yaratılmıştır ve 2011 yılında piyasaya sürülmüştür. Bu olayın ardından, diğer kripto para birimleri de dikkat çekmeye başlamıştır. Bazıları Bitcoin'in bir kopyası olarak tasarlanırken, bazıları teknik ayrıntılarda farklılık göstermiş ve bazıları ise kripto para ekonomisini değiştirme potansiyeli taşımıştır. Kripto para birimleri dünya genelinde yaygınlaşarak birçok sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Bitcoin, dijital bir varlık olarak tasarlanmış bir değişim aracıdır (Ali, Barrdear, Clews, & Southgate, 2014; Nakamoto, 2008).

Kriptografiye dayanması nedeniyle güvence altına alınmış işlemler yapmakta ve merkezi olmayan bir ağ üzerinde faaliyet göstermektedir. Bitcoin, madencilik süreciyle oluşturulmakta ve merkezi bir otorite tarafından verilmemektedir. Bu nedenle, internet üzerinde yönetilen merkezi olmayan bir para birimidir (Pagliery, 2014; Vigna & Casey, 2016).

Bitcoin, dijital bir para birimi olarak tanımlanabilmekte ve sadece sahibi tarafından bir kez harcanabilmektedir (Hall, 2013). Bitcoin, merkezi olmayan bir ağ üzerinde çalışarak doğrudan iletişime olanak tanımaktadır. Yaratılış işlemi, merkezi olmayan bir şekilde kriptografi ilkelerine dayanan bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bitcoin, sanal bir para birimi olarak tanımlanabilmekte ve internet üzerinden yönetilmektedir. Altın gibi, Bitcoin de çaba ve emek yoluyla kazılabilmektedir. Bitcoin'in yaratıcıları, Bitcoin'in çıkarılmasını altın madenciliği gibi bir sürece benzetmişlerdir. Bitcoin'in oluşturulması enerji yoğun bir sürece dayanmaktadır (James, 2018).



Grafik 2. Piyasa Değerine Göre Hakimiyet

(<https://www.tradingview.com/markets/cryptocurrencies/global-charts/> Erişim Tarihi:

22/07/2024)

Grafik 2 incelendiğinde; toplam kripto piyasası içinde Mayıs 2024 itibari ile piyasanın yüzde 55,49'u Bitcoin'dir. Bunu yüzde 17,51 oranla Ethereum izlemektedir. Sırasıyla; yüzde 4,70 oranla Tether, yüzde 3,62 oranla BNB, yüzde 3,53 oranla Solana ve yüzde 10,24 oranla diğer coinler gelmektedir.

3. Literatür Taraması

Çalışmanın bu bölümünde, gri modelleme yöntemi ile yapılmış tahminleme çalışmaları hem yerli ve hem de yabancı çalışmalar olmak üzere incelenmiştir. Çalışmalar yıl sıralamasına göre aşağıda özetlenmiştir.

Hsu & Chen (2003), çalışmalarında bütünleşik devre sistemleri taleplerinin tahmini için gri sistem tahmini ve geleneksel tahmin yöntemlerini karşılaştırmasını yapmıştır. Çalışma sonucunda, kısa dönemli tahminlerde gri sistem tahmininin daha iyi tahmin sonucu verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Akay & Atak (2007), çalışmasında Türkiye için elektrik talep değerini yuvarlanma mekanizmalı GM (1,1) modeli ile tahminlemişlerdir. Sonuçta gerçeğe yakın, iyi tahmin sonuçlarına ulaşılmıştır.

Askari & Askari (2011), temel GM (1,1) ve dönüştürülmüş GM (1,1) modellerinin doğruluklarını Fourier serileri ile karşılaştırmalı incelemişlerdir. Modellerin performanslarını, altın fiyatının veri setini kullanarak ARIMA modeli ile karşılaştırmışlardır. Sonuçta, dönüştürülmüş GM (1,1) modelinin ARIMA modeline göre daha iyi performansa sahip olduğunu sonucuna ulaşılmıştır.

Rathnayaka & Seneviratna (2014), çalışmalarında 1998 - 2015 dönemleri için Sri Lanka'nın yıllık elektrik tüketimi GM (1,1) ve ARIMA (1,1) modelleri ile tahmin edilmiştir. Modellerin performansı MAD, MSE ve MAPE istatistikleri ile test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, GM (1,1) modelinin ARIMA (1,1) modeline göre daha iyi tahminler sonucu verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Köse vd. (2015), çalışmalarında, gri tahmin yönteminin etkinliğini test etmiştir. Üniversitede dört yıllık eğitimlerini bitiren öğrencilerin, ilk beş dönemlik başarı ortalamaları ile mezuniyet ortalamalarını, gri tahmin yöntemi ile tahmin etmişlerdir. Buna göre gri tahmin yönteminin kısıtlı veri ile oldukça iyi performans sağladığı görülmüştür.

Oruç & Eroğlu (2017), çalışmalarında Isparta'nın doğalgaz talebini belirlemek için GM (1,1), Box-Jenkins ve üstel düzleştirme yöntemlerini kullanarak karşılaştırma yapmışlardır. Tahmin için konut sektörüne ait Ocak 2010 - Nisan 2016 tarihlerini kapsayan 76 aylık veri seti kullanmışlardır. Mayıs 2016 - Aralık 2017 tarihlerini kapsayan 20 ay için ise tahmin yapılmıştır. Sonuçta üç modelin tahmin performansı RMSE, MSE, MAE - MAD ve MAPE istatistikleri ile değerlendirilmiştir. GM (1,1) modeli en iyi tahmin sonuçlarını vermiştir: Box-Jenkins yöntemi ise en kötü tahmin sonuçlarını veren modeldir.

Khadijeh (2019) çalışmasında Türkiye'nin yıllık CO2 emisyonu miktarı klasik GM (1,1) modeli, yuvarlanma mekanizmalı GM (1,1) modeli, Doğrusal olmayan Gri Bernoulli modeli (DOGBM (1,1)) ve yuvarlanma mekanizmalı Doğrusal olmayan gri Bernoulli modelleri kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tahmin için kullanılan tüm modellerinin performansını belirlemek için ortalama mutlak yüzde hata (OMYH) ölçütü kullanılmıştır. En iyi tahmin sonuçlarını Genetik algoritma esaslı yuvarlanma mekanizmalı doğrusal olmayan gri Bernoulli modeli vermiştir.

Oruç & Başağaoğlu Fındık (2020), çalışmalarında Süleyman Demirel Üniversitesi Ağız ve Diş Sağlığı Merkezinde yatan hastaların 2015 Ocak - 2019 Ağustos için yataklı servisine ait 56 aylık veriler kullanılarak 2019 Eylül - 2021 Aralık için 28 aylık hasta sayıları tahmini Gri Tahminleme Yöntemi ile tahmin edilmiştir. Modelin öngörü başarısını ölçmek için MAPE, doğruluk (p) ve hata oranı (C) ölçütleri kullanılmıştır. Sonuçlarda kısmen başarılı olunmuştur. Doğruluk (p) değeri 0,82; hata oranı (C) değeri 0,46 ve MAPE değeri ise yüzde 21 olarak hesaplanmıştır.

Sayım & Ömürbek (2021) çalışmalarında, 2019 - 2023 yılları için bir büyükşehir belediyesinin gelirleri GM (1,1) yöntemi ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çözüm sonucunda; “Vergi Gelirleri, Teşebbüs ve Mülkiyet Gelirleri, Alınan Bağış ve Yardımlar, Diğer Gelirler ve Gelirlerin Toplamı” için model 2019 - 2023 gelecek dönem tahmin değerlerinde bir artış eğilimi gösterirken “Sermaye Gelirleri” için 2019 - 2023 gelecek dönem tahmini değerlerinde bir azalış eğilimi göstermektedir sonucuna ulaşılmıştır.

Akyüz & Birgil (2022), 2011- 2020 yıllarını kapsayan Türkiye verilerine dayanarak 2021- 2030 yılları arasındaki Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) harcamalarını tahmin etmek için Standart Gri Model (GM (1,1)) ve Üstel Gri Model (EXGM (1,1)) kullanmışlardır. Çalışmada, gerçekleşen ve tahmin edilen değerler arasındaki yüzde bağıl hata (RPE) ve ortalama yüzde bağıl hata (MAPE) hesaplanmıştır. Bulgular, Türkiye'deki Ar-Ge harcamalarının katlanarak artmasının beklendiğini göstermiştir.

4. Ekonometrik Yöntem ve Bulgular

Geçmiş verileri kullanarak gelecek ile ilgili bilgi oluşturma aksiyonuna tahmin denilmektedir. Tahmin edilecek sistem / veri hakkında istenilen düzeyde bilgi sahibi olunamadığında ve az sayıda veri seti olması durumunda başarılı bir tahmin yapabilmek için gri sistem tahmin yöntemleri tercih edilmektedir. Özellikle GM (1.1) tahmin yöntemi bu amaçla sıklıkla kullanılmaktadır.

Veri seti üzerinde bir GM (1,1) gri tahmin modeli oluşturulmaktadır. Modelin doğruluk testleri yapılmaktadır. Bu testlerde başarılı olan model, gelecek değerleri tahmin amacıyla kullanılmaktadır (Liu & Lin, 2006).

Tahmin yapmak için kullanılan geleneksel yöntemlerde geniş veri setlerine ve belirli dağılımlara uygun olması gibi gerekliliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Oysaki gri tahmin yöntemleri çok az veri ve dağılım uygunluğu olmayan hallerde kullanılabilir (Sümer, 2022: 38). Aşağıda yer alan Tablo 1’de geleneksel tahmin yöntemleri ile gri sistem tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 1

Geleneksel Tahmin Yöntemleri ile Gri Sistem Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Yöntem	Gerekli Veri Sayısı	Veri Türü	Tahmin Dönemi
Gri Tahmin	4	Eşit ve Eşit Olmayan Aralıklı	Kısa, Orta, Uzun
Basit Üstel	5 - 10	Eşit Aralıklı	Kısa
Winter’s	5	Aynı Trendde ve Düzenli	Kısa, Orta
Holt’s	10 - 15	Aynı Trendde ve Düzenli	Kısa, Orta
Regresyon	10 - 20	Aynı Trendde ve Düzenli	Kısa, Orta
Box-Jenkins	50	Eşit Aralıklı	Kısa, Orta, Uzun

Kaynak. Sümer (2022: 38).

Temel gri tahmin yöntemi GM (1,1) modelinin çözümü için aşağıda tanımlanan sekiz adımlı sürecin izlenmesi gerekmektedir (Liu & Lin, 2006).

Birinci adım: N gözlemlilik yeni bir zaman serisi verisi $[X^{(0)}]$ ve bu veri seti içinde negatif değer içermeyecek şekilde başlangıç verisi oluşturulmalıdır.

$$X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(N)) = (x^{(0)}(k); k = 1, 2, 3, \dots, N \text{ ve } N \geq 4) \quad (1)$$

Yukarıda tanımlanan (1) numaralı eşitlikte üst simge (0) ham veriyi temsil etmektedir. Tüm ham verilerin pozitif olduğu varsayılmaktadır. Gri sistem modellemesinde veri setinde negatif değer kullanılmasına izin verilmemektedir.

İkinci adım: (1) numaralı eşitlikte oluşturulan yeni zaman serisine $[X^{(0)}]$ birikimli üretim işlemi (ham veri setini monoton artan hale dönüştürme) uygulanarak yeni birikimli bir zaman serisi $[X^{(1)}]$ oluşturulmaktadır.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(N)) = (x^{(1)}(k) = \sum_{k=1}^N x^{(0)} \text{ ve } k = 2, 3, \dots, N; N \geq 4) \quad (2)$$

Üçüncü adım: Yeni oluşturulan birikimli zaman serisi $[X^{(1)}]$ ile katsayı değerlerini bulabilmek için birinci dereceden gri diferansiyel denklem oluşturulmaktadır.

$$x^{(1)}(k) + \alpha z^{(1)}(k) = b, \quad k = 1, 2, 3, \dots, N \quad (3)$$

$$z^{(1)} = \alpha x^{(1)}(k) + (1 - \alpha)x^{(1)}(k - 1), \quad k = 1, 2, 3, \dots, N \quad (4)$$

Eşitlik (3) ve (4)'te özel bir durum olmadığı sürece eşit ağırlıklı beyazlaştırma fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu nedenle de α değeri 0,5 olarak alınmaktadır.

Dördüncü adım: Bu aşamada katsayı değerlerini hesaplamak için aşağıda matris notasyonu ile tanımlanmış olan En Küçük Kareler yöntemi ile a ve b katsayıları hesaplanmaktadır.

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \dots & \dots \\ -z^{(1)}(N) & 1 \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} x^{(1)}(2) \\ x^{(1)}(3) \\ \dots \\ x^{(1)}(N) \end{bmatrix} \text{ ve } A = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \text{ kullanılarak } Y = BA \text{ bulunur.} \quad (5)$$

Eşitlik (5) kullanılarak a ve b katsayı değerleri aşağıdaki şekilde bulunur.

$$A = (B^T B)^{-1} B^T Y = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (6)$$

Eşitlik (6)'da “ a ” gelişme katsayısı ve “ b ” ise sürücü katsayısı / gri etki miktarı parametreleri olarak tanımlanmaktadır. Eşitlik (6)'da görüldüğü gibi gri sistem modelinde sadece iki parametre değeri bulunduğu için ihtiyaç duyulan veri sayısı azdır.

Beşinci adım: Yeni oluşturulan birikimli zaman serisi $[X^{(1)}]$ serisi kullanılarak GM(1,1) modeli ve katsayıları hesaplamak için birinci dereceden gri diferansiyel denklemi oluşturulmaktadır.

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = b \quad (7)$$

Altıncı adım: Eşitlik (7)'de tanımlanan birinci dereceden diferansiyel denklem kullanılarak birikimli zaman serisinin $[X^{(1)}]$ tahmini değerleri hesaplanmaktadır.

$$\hat{x}^{(1)}(k + 1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-ak} + \frac{b}{a}, \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (8)$$

Yedinci adım: Bir önceki adımda $[X^{(1)}]$ 'in tahmini değerleri ile ters birikimli üretim işlemi yapılarak yeni tahmin değerleri hesaplanmaktadır.

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k), \quad (9)$$

Bu aşamada Eşitlik (9), Eşitlik (8)'de yerine konularak denklem yeniden düzenlenmektedir. Böylece Eşitlik (8)'de $\hat{x}^{(0)}(k+1)$ değeri yeni konulmuş olmaktadır. Daha sonra bu süreç oluşturulan bu denklemin tahmini ile devam etmektedir. $\hat{x}^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$ olmak üzere aşağıdaki eşitliğe ulaşılmaktadır.

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = (1 - e^a) \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak}, \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (10)$$

Sekizinci adım: Bu aşamada son olarak GM (1,1) modelinin hata payı hesaplanmaktadır.

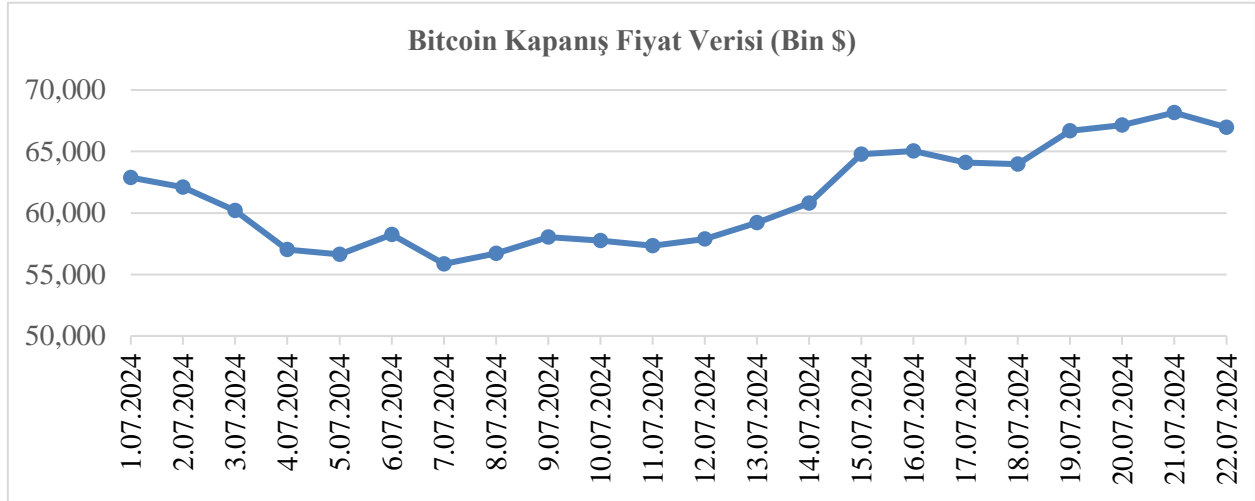
$$\text{Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE)} = \frac{\sum \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)}}{N} \times 100 \quad (11)$$

Ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) değeri, hesaplanan tahmin değerlerinin hatalarını yüzde olarak vermektedir. Bir tahmin sonucunun hata değerlerinin geçerli kabul edilmesi için MAPE değerinin yüzde 10'dan düşük olması istenmektedir. Yüzde 10'un altındaki hata değerleri "yüksek doğruluk" düzeyine sahip olarak kabul edilmektedir (Eren & Kaçtıoğlu, 2017).

Bu çalışmada, kripto para piyasasında en büyük paya sahip Bitcoin fiyatlarındaki değişim gri sistem tahmin yöntemi GM (1,1) ile tahmin edilmeye çalışılmıştır.

4.1. Veri Seti ve Model

Bu çalışmada, Bitcoin fiyat verisi 01 Temmuz – 22 Temmuz 2024 dönemini kapsayan günlük veriler kullanılarak araştırılmıştır. Kullanılan veriler investing.com web adresinden alınmıştır. Modelde ilk on dört veri (01/07 - 14/07) eğitim verisi ve geriye kalan yedi veri (15/07 - 21/07) test verisi olarak kullanılmıştır. Gri tahmin modeli GM (1,1) uygulaması MATLAB R2018b versiyon paket programı kullanılarak yapılmıştır. Tahmin edilen modelin Matlab kodları Ek 1'de verilmiştir. Tahmin modelinin performans yeterliliği için ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) ölçütü kullanılmıştır.



Grafik 3. Bitcoin'e ait Zaman Serisi Grafikleri (<https://tr.investing.com/crypto/bitcoin/historical-data>, Erişim Tarihi: 25/07/2024).

Grafik 3'te çalışmada tahmin edilmeye çalışılan bitcoin fiyatları için kullanılan veri setinin değerleri verilmiştir. İlgili dönem aralıklarında ilk gün fiyat 62,890.1 bin \$ iken son gün 66,961.8 bin \$ olduğu görülmektedir. Ortalama olarak ilgili dönemde yüzde 0.33 artış olmuştur.

4.2. Yöntem ve Bulgular

Çalışmada, bir önceki bölümde detayları verilen temel gri sistem GM (1,1) modeli kullanılarak bitcoin fiyatları günlük olarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Modelde ilk 14 veri seti eğitim amaçlı ve son yedi veri ise test amaçlı olarak sabitlenmiştir.

Tahmin değerlerinin ve modelin doğruluğunu test etmek için ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE) değerine bakılmıştır.

$$\text{Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE)} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left| \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} \right| \times 100 \quad (12)$$

Bu model, Ek 1'de yer alan MATLAB paket programı fonksiyonu kullanılarak Bitcoin fiyat tahminine uygulandığında MAPE değeri yüzde 2,28 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak oluşturulan gri sistem tahmin modeli GM (1,1) yüzde 10'un altında MAPE değeriyle "yüksek doğruluk" düzeyine sahip olduğu söylenebilir. Tahmin değerleri ve hata yüzdeleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2

Bitcoin için $X^{(1)}$ ve $z^{(1)}$ Değerleri

Gözlem	$X^{(1)}$	Gözlem	$Z^{(1)}$
$X^{(1)}(1)$	62,890.1	$Z^{(1)}(1)$	94,441.75
$X^{(1)}(2)$	125,993.4	$Z^{(1)}(2)$	156,593.05
$X^{(1)}(3)$	187,192.7	$Z^{(1)}(3)$	215,705.85
$X^{(1)}(4)$	244,219.0	$Z^{(1)}(4)$	272,539.90
$X^{(1)}(5)$	300,860.8	$Z^{(1)}(5)$	330,490.40
$X^{(1)}(6)$	359,120.0	$Z^{(1)}(6)$	389,050.55
$X^{(1)}(7)$	415,981.1	$Z^{(1)}(7)$	446,431.00
$X^{(1)}(8)$	472,705.8	$Z^{(1)}(8)$	503,151.45
$X^{(1)}(9)$	530,745.2	$Z^{(1)}(9)$	560,418.55
$X^{(1)}(10)$	588,491.9	$Z^{(1)}(10)$	617,660.85
$X^{(1)}(11)$	645,829.2	$Z^{(1)}(11)$	674,244.85
$X^{(1)}(12)$	703,714.5	$Z^{(1)}(12)$	731,319.40
$X^{(1)}(13)$	762,924.3	$Z^{(1)}(13)$	789,314.20
$X^{(1)}(14)$	823,704.1	$Z^{(1)}(14)$	848,694.40
$X^{(1)}(15)$	885,487.7	$Z^{(1)}(15)$	909,031.30
$X^{(1)}(16)$	948,576.9	$Z^{(1)}(16)$	970,787.30
$X^{(1)}(17)$	1,013,316.1	$Z^{(1)}(17)$	1,034,333.10
$X^{(1)}(18)$	1,086,996.6	$Z^{(1)}(18)$	1,104,762.25
$X^{(1)}(19)$	1,162,523.9	$Z^{(1)}(19)$	1,177,230.15
$X^{(1)}(20)$	1,239,674.4	$Z^{(1)}(20)$	1,255,999.15
$X^{(1)}(21)$	1,317,721.6	$Z^{(1)}(21)$	1,333,698.00

İlk olarak gerçek değerler kullanılarak bir zaman serisi ($X^{(0)}$) oluşturulmuştur. Daha sonra bu değerlere Eşitlik (2) tanımlanan birikimli üretim işlemi uygulaması ile monoton artan bir birikimli zaman serisi [$X^{(1)}$] elde edilmiştir. Yeni oluşturulan birikimli seri [$X^{(1)}$] değerleri kullanılarak Eşitlik (4)'de verilen formül aracılığıyla $z^{(0)}$ serisi oluşturulmuştur. Daha sonra birinci dereceden gri diferansiyel denklem kullanılarak oluşturulan [$z^{(0)}$] serisinin değerleri, $X^{(1)}$ birikimli seride art arda gelen verilerin ortalaması alınarak tahmin edilmiştir. Bu aşamadan sonra en küçük kareler yöntemiyle $a = 0.987$ ve $b = 34,294.42$ katsayı değerleri bulunmuştur. Bitcoin için oluşturulan GM (1,1) tahmin modeli ile elde edilen tahmin değerleri ve hatası aşağıdaki Tablo 3'te gösterilmiştir.

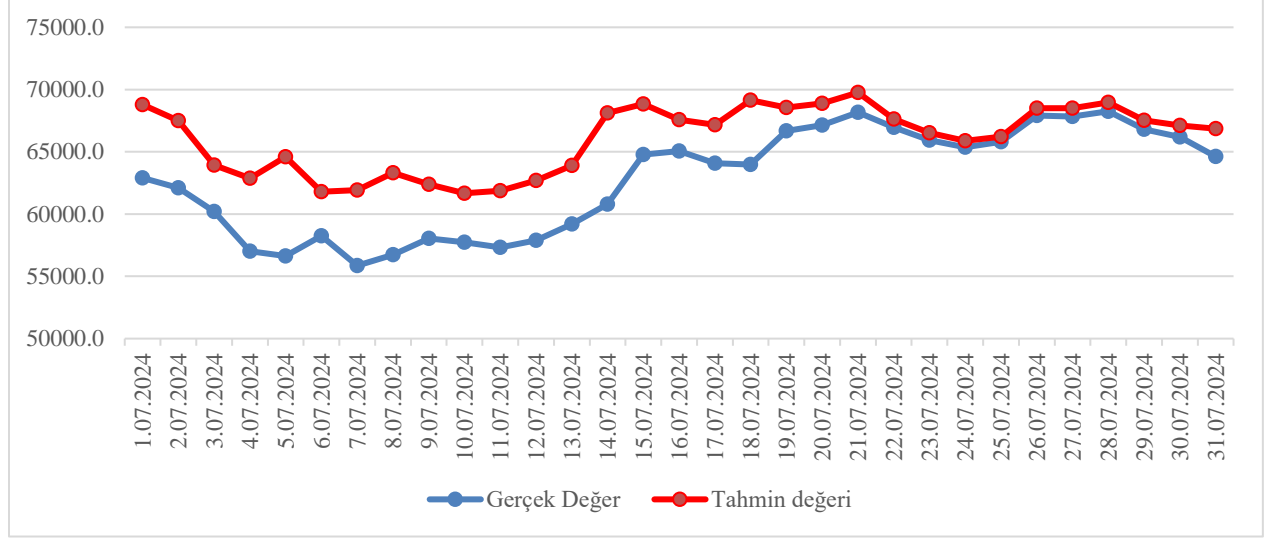
Tablo 3

Bitcoin için Tahmin Değerleri, MAPE Değeri, Hata Oranları Değerleri

Tarih	Gerçek Değer	Tahmin Değeri	Hata Oranı
1.07.2024	62,890.1	68,781.6	-
2.07.2024	62,103.3	67,513.5	0.1233
3.07.2024	60,199.3	63,920.8	0.1215
4.07.2024	57,026.3	62,866.7	0.1209
5.07.2024	56,641.8	64,603.6	0.1099
6.07.2024	58,259.2	61,788.0	0.1089
7.07.2024	55,861.1	61,915.0	0.1061
8.07.2024	56,724.7	63,303.6	0.0915
9.07.2024	58,039.4	62,378.0	0.0907
10.07.2024	57,746.7	61,672.0	0.0802
11.07.2024	57,337.3	61,867.6	0.0756
12.07.2024	57,885.1	62,709.1	0.0688
13.07.2024	59,209.8	63,907.6	0.0591
14.07.2024	60,794.9	68,131.7	0.0512
15.07.2024	64,782.4	68,829.1	0.0517
16.07.2024	65,049.7	67,569.2	0.0581
17.07.2024	64,089.2	67,173.1	0.0543
18.07.2024	63,980.5	69,137.8	0.0499
19.07.2024	66,677.4	68,558.6	0.0369
20.07.2024	67,148.5	68,894.8	0.0210
21.07.2024	68,158.7	69,760.6	0.0108
MAPE Değeri			0.0745

Tablo 3'te verilen sonuçlar incelendiğinde; gri sistem GM (1,1) tahmin modeli kullanılarak 1 Temmuz 2024 - 21 Temmuz 2024 günleri arasında Bitcoin için yapılan tahminler sonucunda MAPE hata oranı yüzde 7.45 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda oluşturulan model yüzde 10'dan küçük olduğu için MAPE değeriyle "yüksek doğruluk" düzeyine sahip olduğu söylenebilir. Hata oranının düşük değerli olması modelin tahmin kesinliğinin yüksek olduğuna işaret etmektedir. Tahmin değerleri ile gerçek değerleri arasında pozitif ve güçlü bir korelasyon vardır. Korelasyon değeri 0.77'dir. Gri tahmin modellerin az sayıda veri ile çalışabilme özelliği ile ön plana çıktığı bu çalışmada da üstünlük olarak gözükmektedir.

Aşağıda yer alan Grafik 4'te 1 Temmuz 2024 - 21 Temmuz 2024 günleri arasında Bitcoin için GM (1,1) tahmin modeli kullanılarak yapılan tahminleme sonucunda Bitcoin tahmin değerleri ve piyasa gerçek değerleri verilmiştir. Sonrasında 22 Temmuz 2024 – 31 Temmuz 2024 günleri için ise kurulan model ile tahmin serisi genişletilmiştir.



Grafik 4. Bitcoin'e ait Gerçek ve GM(1,1) Modeli ile Tahmin Zaman Serisi Grafikleri

Grafik 4'te verilen değerler incelendiğinde GM(1,1) Modeli ile yapılan modellemenin tahmin değerlerinin başlangıçtan model sonucuna doğru ilerledikçe hata oranlarının giderek azaldığı gözlemlenmektedir. Modelin kestirim başarısı artarak ilerlemektedir. Örneklem dışı dönemde yapılan kestirimlerin hata oranlarının örneklem içi döneme kıyasla çok daha düşük olduğu gözlemlenmektedir.

5. Sonuç

Kripto paralar, merkezi bir otoriteye bağlı olmadan işlem yapma imkânı sağlayan, yüksek işlem hızı, düşük maliyet ve yüksek kazanç potansiyeli gibi avantajlarıyla bireysel ve kurumsal yatırımcıların ilgisini çeken bir varlık sınıfı haline gelmiştir. Bitcoin, 2008 yılında ortaya çıkan ve kripto para kavramının popülerleşmesine öncülük eden bir dijital para birimidir. Bitcoin'in piyasa değeri yüksek olduğu için bu çalışmada Bitcoin'in fiyatları tahmin edilmiştir.

Çalışmada, geleneksel tahmin yöntemlerine göre daha iyi performans gösterdiği bilinen Gri Sistem Teorisi kullanılmıştır. Gri Tahmin Yöntemi, küçük örneklemle pratik ve doğru tahminler yapabilen bir yöntemdir. Çalışmada, 1 Temmuz 2024 - 21 Temmuz 2024 tarihleri arasındaki

günlük veriler kullanılarak sadece 21 gözlem seçilmiştir. Uygulamada, Bitcoin'in fiyat verilerinden ayrı ayrı zaman serileri oluşturulmuş ve bu serilere birikimli üretim işlemi uygulanarak monoton bir şekilde artan birikimli zaman serisi elde edilmiştir. Daha sonra, elde edilen birikimli zaman serisindeki verilerin ortalaması alınarak yeni zaman serileri oluşturulmuştur. Tahmin işlemi için "a" geliştirme katsayısı ve "b" sürücü katsayısı / gri etki miktarı parametreleri en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmıştır. GM (1,1) modeli için tanımlanan değişkenlere ait gri diferansiyel eşitlikler çözülerek kümülatif tahmin değerleri elde edilmiştir. Bu tahminlere ters birikimli üretim işlemi uygulanarak değişkenlere ait tahmin değerlerine ulaşılmıştır. Tahmin performansını ölçmek için Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) yöntemi kullanılmıştır. GM (1,1) modeliyle yapılan tahminler sonucunda Bitcoin için MAPE değeri yüzde 7,45 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, yüksek doğruluk düzeyine sahip olduğunu göstermektedir ve gelecek tahminleri için kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Çalışmada Bitcoin fiyat tahmini için tercih edilen GM(1,1) modeline benzer sonuçlar veren çalışmalar literatürde bulunmaktadır. Bu bağlamda, öne çıkan çalışmalar: Es (2020) çalışmasında Türkiye toplam enerji talebinin tahmininde GM (1,1) ve GM (1,6) modellerinin en iyi tahmin performansını verdiğini belirtmiştir. Sayım & Ömürbek (2021) çalışmalarında gri tahmin GM (1,1) modeli ile bir büyükşehir belediyesinde gelir kalemlerini sadece beş yıllık veri ile tahmin etmişler ve modelleri başarılı bulmuşlardır. Akyüz & Bilgil (2022) çalışmalarında Türkiye'nin Ar-Ge harcamalarının tahminlenmesinde GM (1,1) modeli ile EXGM (1,1) modeli için hata oranlarını yüzde 10'un altında bularak modellerin tahmin başarısının olduğunu göstermişlerdir.

Sonuç olarak, kısıtlı veriyle oluşturulan GM (1,1) modeli başta ekonomi olmak üzere birçok farklı alanda ve sektörde geleceği/yarını tahmin etmek için kullanılan önemli bir araçtır. Geleceğin belirsizlik içermesi nedeniyle az veri kullanılarak güvenilir bir tahminleme elde etmek için son dönemlerde sıkça başvurulan yöntemlerden biri olmuştur. Bu çalışmada da özellikle fiyat hareketlerinde yüksek dalgalanmalar gösteren bir spekülatif yatırım aracı olan coin tahmininde GM (1,1) modelinin Bitcoin fiyatları örneği üzerinden tahmininde düşük hata oranlarıyla kullanılabilir olduğu gösterilmiştir. Az veri ile yüksek belirsizlik ve yüksek hareket dalgası gösteren değişkenlerin tahmini için uygun bir model olmasının gösterimi açısından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Etik komite onayı ve/veya yasal/özel izin gerektirmeyen bu çalışma, araştırma ve yayın etiğine uygundur.

Araştırmacının Katkı Oranı Beyanı

Yazar makalenin tek yazarı olduğu için katkı oranı %100'dür.

Araştırmacının çıkar atışması Beyanı

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar atışması yoktur.

Kaynakça

- Akay, D., & Atak, M. (2007). Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey. *Energy*, 32, 1670-1675.
- Akyüz L., & Bilgil H. (2020). GM (1,1) ve EXGM (1,1) Tahmin modellerinin Türkiye'nin Ar-Ge harcamalarına uygulanması. *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, 6 (2), 95-106.
- Ali, R., Barrdear, J., Clews, R., & Southgate, J. (2014). The economics of digital currencies. *Bank of England Quarterly Bulletin*, Q3.
- Askari, M., Askari, H. (2011). Time series grey system prediction - based models: Gold price forecasting. *Trends in Applied Sciences Research*, 6(11), 1287-1292.
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Kripto Para Araştırma Raporu, (2020). <https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/arastirma-raporlari/kripto-para-raporu-5f11dfe709c25.pdf> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 10.04.2024
- Çarkacıoğlu, A. (2016). Kripto para-bitcoin. *SPK Araştırma Dairesi, İstanbul*.
- Deng, J. (1982). Control problems of grey systems. *Systems and Control Letters*, 1(5), 288-294.
- Eğilmez, M. (2017). Kendime yazılar: kripto paralar, bitcoin ve blockchain. <http://www.mahfiegilmez.com/2017/11/kripto-paralar-Bitcoin-ve-blockchain.html>, sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 02.04.2024
- Eren, T., & Kaçtıoğlu, S. (2017). Türkiye'deki doğal gaz tüketimi ve gri tahmin metoduyla tahmin edilmesi. *İstanbul Commerce University Journal of Science*, 16 (31), 23 - 41.
- Es, A., H. (2020). Gri Tahmin Modelleri ile Toplam Enerji Talep Tahmini: Türkiye Örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (3): 771 - 782.
- Hall, M. (2013). Bitcoin: Change you can believe in? *PC Magazine*, June, 10 - 14.
- Hsu, C. C., & Chen, C. Y. (2003). Applications of improved grey prediction model for power demand forecasting. *Energy Conversion and Management*, 44 (14), 2241 - 2249.
- <https://tr.investing.com/crypto/bitcoin/historical-data> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 21.07.2024
- James, H. (2018). Lucre's allure. *Finance & Development*, 55(2). <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2018/06/bitcoin-blockchain-history-of-money/james.htm> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 11.03.2024
- Khadijeh M., (2019). Gri sistem teorisi ile tahminleme ve bir uygulama. İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- Köse, E., Aplak, H. S. & Kabak, M. (2015). Yetersiz veri ortamında tahminler için örnek bir uygulama: gri tahmin yöntemi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 31 (1), 82-88.
- Liu, S. & Lin, Y. (2006). Grey information theory and practical applications. United States of America.
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 21.05.2024
- Oruç, K. O. & Eroğlu Çelik, Ş. (2017). Isparta ili için doğal gaz talep tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22 (1), 31 - 42.
- Oruç, K. O. & Fındık, Başağaoğlu, A. (2020). Gri tahminleme ile Süleyman Demirel Üniversitesi Ağız Diş Sağlığı Merkezi'nde yatan hasta sayılarının tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt (2), Sayı :37, 193 - 212.
- Özuysal, H., (2023). Veri madenciliği yaklaşımı ile kripto paraların ölme riskinin hesaplanması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Pagliery, J. (2014). *Bitcoin: and the future of money*. Triumph Books.
- Rathnayaka, R. M. K. T. & Seneviratna, D. M. K. N. (2014). GM (1,1) Analysis and forecasting for efficient energy production and consumption. *International Journal of Business, Economics and Management Works*, 1 (1), 6-11.
- Sayım, S., & Ömürbek, V., (2021). Gri tahmin GM (1,1) modeli ile bir büyükşehir belediyesinde gelir tahmini. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8 (3), 1782 – 1805.
- Sümer, C., (2022). Gri sistem teorisi ve bir uygulama. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Hacı bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ankara.
- Şahin, H. (2016). Paranın doğası ve türleri üzerine bir inceleme. *Liberal Düşünce Dergisi*, 21 (84), 93 - 102.
- Vigna, P., & Casey, M. J. (2016). *The age of cryptocurrency: how bitcoin and the blockchain are challenging the global economic order*. Macmillan.
- White, L. H. (2015). The market for cryptocurrencies. *Cato J.*, 35, 383.

Ek 1. Gri Sistem GM (1,1) Tahmin Modelinin MATLAB Fonksiyonu

```

function MAPE=GM1
data=[62890.1;62103.3;60199.3;57026.3;56641.8;58259.2;55861.1;56724.7;58039.4;57746.7;57
337.3;57885.1;59209.8;60794.9;64782.4;65049.7;64089.2;63980.5;66677.4;67148.5;68158.7];
K=length(data);
for i=1:K-21
X0(1)=data(1);
X0(2)=data(2);
X0(3)=data(3);
X0(4)=data(4);
X0(5)=data(5);
X0(6)=data(6);
X0(7)=data(7);
X0(8)=data(8);
X0(9)=data(9);
X0(10)=data(10);
X0(11)=data(11);
X0(12)=data(12);
X0(13)=data(13);
X0(14)=data(14);
X0(15)=data(15);
X0(16)=data(16);
X0(17)=data(17);
X0(18)=data(18);
X0(19)=data(19);
X0(20)=data(20);
X0(21)=data(21);
X1(1)=X0(1);
for j=2:20+i
X1(j)=X1(j-1)+X0(j);
end
for j=1:19+i
Z(j)=(0.5*(X1(j+1)+X1(j)));
end
for j=1:20+i
B(j,1)=-Z(j);
B(j,2)=1;
end
for j=2:21+i
Y(j-1)=X0(j);
end
V=((B'*B)^-1)*B'*Y';
U=V';
XP1(1)=X0(1);

```

```
for j=2:21+i
XP1(j)=((X1(1)-U(2)/U(1))*exp(-U(1)*(j-1))+ (U(2)/U(1)));
end
for j=2:21+i
P(1)=X0(1);
P(j)=XP1(j)-XP1(j-1);
end
Predict(i)=P(end);
Actual(i)=data(i+21);
MAPE(i)=abs(Predict(i)-Actual(i))/Actual(i);
data(i+21)=P(end);
X0(21+i)=P(end);
end
MAPE=mean(MAPE);
end

MAPE = GM1();
X1_değerleri = X1(1:21)';
Z1_değerleri = Z(1:21)';
Tahmin_değerleri = Predict';
Tahmin_hata_yüzdeleri = MAPE';
MAPE_değeri = MAPE;
End
```

EXTENDED ABSTRACT

The cryptocurrency market has rapidly expanded in recent years due to advancements in technology and the digital economy. Bitcoin, introduced by Satoshi Nakamoto in 2008, is the first cryptocurrency to operate independently of any central authority and exist entirely within the digital sphere. This digital currency has not only provided a financial innovation but has also highlighted the importance of concepts such as decentralization and security in financial systems. Bitcoin, which pioneered other cryptocurrencies, is built on blockchain technology, characterized by transparency, security, and anonymity. Due to its high market value and volatility, Bitcoin attracts large investors and speculators alike. Consequently, modeling Bitcoin prices and forecasting future price movements has become a significant area of research in finance.

The emergence of cryptocurrencies is a result of digitization and advances in information technology. Although rooted in technology from the 1980s, cryptocurrencies became widely popular with the introduction of Bitcoin. Cryptocurrencies are virtual, digital assets that are not tied to any physical counterpart and can operate without a central authority. Blockchain is the underlying technology for Bitcoin and other cryptocurrencies, providing a decentralized, secure infrastructure for transactions. Each transaction is encrypted and added to blocks, which are linked in a chain. This technology ensures transaction security and immutability.

Unlike traditional currencies backed by state endorsement or physical assets, the value of cryptocurrencies is determined by supply and demand dynamics. Bitcoin and similar cryptocurrencies operate independently of central banks, offering investors privacy and anonymity. These digital assets have certain advantages over traditional currencies, including high transaction speeds, low costs, ease of cross-border transactions, decentralized structures, and low fraud risk. However, cryptocurrencies also have drawbacks, such as security risks, limited usage, potential for illegal activities, and high price volatility.

Bitcoin has a fixed supply, with only 21 million Bitcoins ever to be mined. This limited supply is one of the factors driving Bitcoin's value. It is created through digital mining, where users solve complex mathematical problems to earn Bitcoin rewards. As Bitcoin's popularity and demand have grown, its price has also seen significant increases. These price fluctuations draw the

interest of speculative investors and have necessitated modeling Bitcoin prices to predict future movements.

The Grey System Theory is a forecasting method designed to predict the behavior of uncertain systems with limited data, yielding reliable results. Developed by Julong Deng in 1982, this theory stands out because it works effectively with small datasets. Grey System Theory provides a model capable of generating rapid and accurate predictions using minimal data. The GM(1,1) model, commonly known as the "Grey Model," is the most widely used in Grey System Theory and is effective at short, medium, and long-term forecasting with limited data. Unlike traditional forecasting methods, the GM(1,1) model requires less data and does not rely on specific distributions.

The GM(1,1) model is an effective method for forecasting future price changes in volatile markets like Bitcoin. Based on past data, the model uses differential equations to make forward-looking predictions. Its success is typically measured using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) method, with low MAPE values indicating high accuracy. Due to its reliable results in data-limited environments, the GM(1,1) model is valuable for predicting Bitcoin prices.

In this study, the GM(1,1) model was used to predict Bitcoin prices. The daily Bitcoin closing prices between July 1, 2024, and July 21, 2024, were analyzed, with data obtained from the reliable source, investing.com. The data selection focused on current data due to the high volatility of the cryptocurrency market, and daily closing prices were chosen for their relevance in capturing sharp and sudden changes in Bitcoin prices. The dataset was split into training and testing sets: the first 14 days for training and the remaining 7 days for testing.

The GM(1,1) model generates predictions by applying a cumulative generation operation on past data, creating a monotonically increasing time series. This cumulative series produces average values used to form new series, defining parameters for the model. In forecasting Bitcoin prices, the growth coefficient "a" and the driving coefficient "b" were calculated using the least squares method. These parameters were then incorporated into differential equations to calculate predicted values within the model.

The findings indicate that the GM(1,1) model produced accurate results in forecasting Bitcoin prices. A strong, positive correlation was observed between the predicted and actual values,

with a MAPE value of 7.45%, which falls below the 10% threshold for high accuracy. This confirms the GM(1,1) model's effectiveness in predicting Bitcoin prices with high accuracy and shows its potential for forecasting applications. The model's accuracy also improved as error rates decreased over time. Particularly in out-of-sample predictions, error rates were lower than in-sample predictions, indicating the model's reliability and stability as a forecasting tool.

A key advantage of the GM(1,1) model is its ability to operate with limited data. This model yielded high accuracy in Bitcoin price prediction even with minimal data. Additionally, the correlation between the model's forecasted value and actual market value was 77%, demonstrating the model's efficacy in accurately predicting price movements.

Bitcoin holds a significant place in the digital finance world, distinguished by high transaction volumes and volatility. Forecasting Bitcoin prices is crucial for investors and financial analysts alike. This study demonstrated that it is possible to achieve high-accuracy predictions with limited data by using the GM(1,1) grey system forecasting model. The GM(1,1) model yielded a MAPE value of 7.45% in Bitcoin price forecasting, underscoring the model's high accuracy and its applicability in predicting Bitcoin price movements.

This model offered by Grey System Theory is regarded as an effective method for making reliable predictions, particularly in volatile cryptocurrency markets. The study results indicate that the GM(1,1) model's high accuracy and ability to function with small datasets make it an invaluable tool for cryptocurrency forecasting. Its ability to predict future price movements provides significant contributions to developing investment strategies and managing financial risks. This model is expected to be applicable to other cryptocurrencies and financial instruments.

In conclusion, the GM(1,1) model is effective in predicting volatile assets like Bitcoin due to its ability to forecast with limited data, yield reliable results in uncertain environments, and deliver high accuracy. This study contributes to the literature on Bitcoin price forecasting based on Grey System Theory and demonstrates the potential of this approach for other financial analyses.



Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 41-65, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 11.09.2024 Accepted / Kabul: 17.11.2024

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1554274>

Tax Revenues and Inflation Relationship: A Century-Long Application with Fourier-Based Approaches for Türkiye

Şeref Can SERİN^a, Murat DEMİR^b

^a Res. Asst., Harran University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Public Finance, Şanlıurfa, TÜRKİYE <https://orcid.org/0000-0001-8575-9128>

^b Prof. Dr., Harran University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Public Finance, Şanlıurfa, TÜRKİYE <https://orcid.org/0000-0002-1466-1104>

Abstract

Chronic high inflation periods have several disadvantages for a country's economy. One of the most significant drawbacks is the erosion of the real value of public revenues. It is impossible to completely isolate the relationship between tax revenues and inflation. Taxes are mandatory monetary obligations collected by the state to finance public services, whereas inflation is an economic phenomenon characterized by sustained increases in the general price level, which impacts the purchasing power of money. Therefore, understanding the relationship between these two concepts is vital for developing an inflation-resilient tax system. In this study, we use Fourier-based novel empirical methods to examine the relationship between total tax revenues and inflation in the Republic of Türkiye from 1924 to 2023. The long-run estimation results indicate that inflation negatively affected tax revenues in the first century of the Republic of Türkiye. Our empirical findings supporting the validity of the Olivera-Tanzi hypothesis highlight the importance of the issue, the policies that can be applied, and their importance in managing tax revenues in an inflationary environment in Türkiye.

Keywords

Tax Revenue, Inflation, Tax Erosion, Olivera-Tanzi Effect

JEL Classification

E31, H20, H21

Contact Şeref Can SERİN ✉ scserin@harran.edu.tr 📧 Harran University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Public Finance, Şanlıurfa, TÜRKİYE

Citation Serin, Ş. C. & Demir, M. (2025). Tax revenues and inflation relationship: A century-long application with fourier-based approaches for Türkiye. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 41-65.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Vergi Gelirleri ve Enflasyon İlişkisi: Türkiye için Fourier Temelli Yaklaşımlarla Yüzyıllık Döneme İlişkin Bir Uygulama

Öz

Kronik yüksek enflasyonist koşullar bir ülke ekonomisi için çeşitli dezavantajlar yaratmaktadır. En önemli dezavantajlardan biri de kamu gelirlerinin reel değerinin aşınmasıdır. Vergi gelirleri ile enflasyon arasındaki ilişkiyi tamamen ayırtmak mümkün değildir. Vergiler, kamu hizmetlerini finanse etmek için devlet tarafından toplanan zorunlu parasal yükümlülüklerdir; enflasyon ise genel fiyat düzeyindeki sürekli artışlarla karakterize edilen ve paranın satın alma gücünü etkileyen bir ekonomik olgudur. Bu nedenle, bu iki kavram arasındaki ilişkiyi anlamak enflasyon-dirençli bir vergi sistemi oluşturmak için hayati öneme sahiptir. Bu çalışmada, Fourier tabanlı güncel ampirik yöntemleri kullanarak Türkiye Cumhuriyeti'nde 1924'ten 2023'e kadar toplam vergi gelirleri ile enflasyon arasındaki ilişki incelenmektedir. Uzun vadeli tahmin sonuçları, enflasyonun Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk yüzyılında vergi gelirleri üzerinde olumsuz bir etkiye yol açtığına işaret etmektedir. Olivera-Tanzi hipotezini destekleyen ampirik bulgularımız, konunun önemini ve Türkiye'de enflasyonist bir ortamda vergi gelirlerinin yönetilmesindeki başvurulabilecek politikaları ve bunların önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler

Vergi Gelirleri,
Enflasyon,
Vergi Erozyonu,
Olivera-Tanzi Etkisi

JEL Kodu

E31, H20, H21

1. Introduction

The impact of inflation on a country's economy continues to be a topic of ongoing debate, especially concerning its effects on the government's fiscal structure. Despite extensive theoretical and empirical studies, a consensus has yet to be reached. It is clear that inflation can substantially diminish the real value of public revenues and expenditures, leading to a detrimental effect on the budget balance. Academicians have held comprehensive discussions throughout the history of economic thought regarding the rationales of inflation, how it interacts with the economic system, and the costs it brings about. One of these discussion topics concentrates on the fiscal consequences of inflation. This scope of studies investigates how inflationary processes impact key fiscal indicators, including budget balance, public expenditures, and public revenues. In fact, in theoretical discussions in the 1980s, the Chicago school's monetarist approach to the determination of the price level was criticized, and alternative models, such as the fiscal theory of the price level (Cochrane, 2023) and the unpleasant monetarist arithmetic (Sargent & Wallace, 1981), were introduced. These approaches address the interaction between fiscal policy and inflation with a critical glance at the traditional approach. However, prior to these approaches, several theoretical studies analyzed the fiscal consequences of inflation (Bailey, 1956; Cagan, 1956; Olivera, 1967). These early works particularly emphasized the potential effects of monetizing deviations from the budget balance as an initial focal point. Accordingly, an answer is sought as to whether inflation

tax, which can be obtained from increasing cash balances due to monetization in financing the budget balance, or taxation as a fiscal tool, should be used. On a theoretical scale, Bailey (1956) suggested that tax revenues could be more effective than inflation taxes in ensuring budget balance. Conversely, Phelps (1973) argued that creating an optimal combination of inflation tax and tax revenues is feasible. A wider group accepts the first of these theses within the framework of modern economic policies.

However, Tanzi (1977; 1978), who took these propositions one step further, pointed out that inflation may affect the real value of tax revenues, depending on the elasticity of the tax system and the collection period stipulated (lags) in the tax laws. According to Tanzi (1977) defined *tax elasticity* as a concept related to tax system designs and income during the period in which tax liability occurs. Moreover, Tanzi does not consider real economic growth and explains the concept of elasticity only through price changes (Şen, 2003: p.4). Since the studies of Tanzi (1977; 1978) are based on a logic similar to that of Olivera (1967); the idea that inflation will erode the real value of tax revenues is called the Olivera-Tanzi effect in literature.

The Olivera-Tanzi erosion effect can occur during periods of high and persistent inflation. Nevertheless, moderate inflation may result in increased tax revenues for an economy. In this context, assuming that other variables remain constant, moderate inflation is likely to boost overall tax collection by broadening the base of taxable events. If companies can effectively manage their inventory costs during inflation, they can convert rising product and service prices into profits, leading to higher corporate tax revenues. Similarly, revenues from proportional consumption taxes can also increase as consumer goods prices rise. In addition, appreciation of real estate and other assets may result in higher taxes on wealth. Finally, if wage increases in labor markets occur in parallel with inflation, there will be an increase in tax revenues collected on wages without experiencing a fiscal drag/tax bracket shift. However, realizing all these positive scenarios is possible with a moderate level of inflation that is kept under control, allows markets to adapt, and does not change the direction of expectations (Musgrave & Musgrave 1989).

However, high and chronic inflation can negatively affect the budget balance by reducing the real value of public revenues. Understanding the most significant effects is crucial for developing a tax system that is resilient to inflation. However, the existing empirical literature on the fiscal implications of inflation in Türkiye appears to lack consensus. This divergence can be

attributed to the fact that various studies have analyzed distinct time periods using different empirical methodologies. Despite numerous studies conducted in Türkiye that affirm the validity of the Olivera-Tanzi effect (Demir, 2023; Gürbüz, 1997; Karadeniz, 2022; Şen, 2003), some researchers argue that there may be no statistically significant link between inflation and tax revenues (Abdioğlu & Terzi, 2009; Biçen et al., 2015; Özmen & Koçak, 2012; Yalçın, 2020).

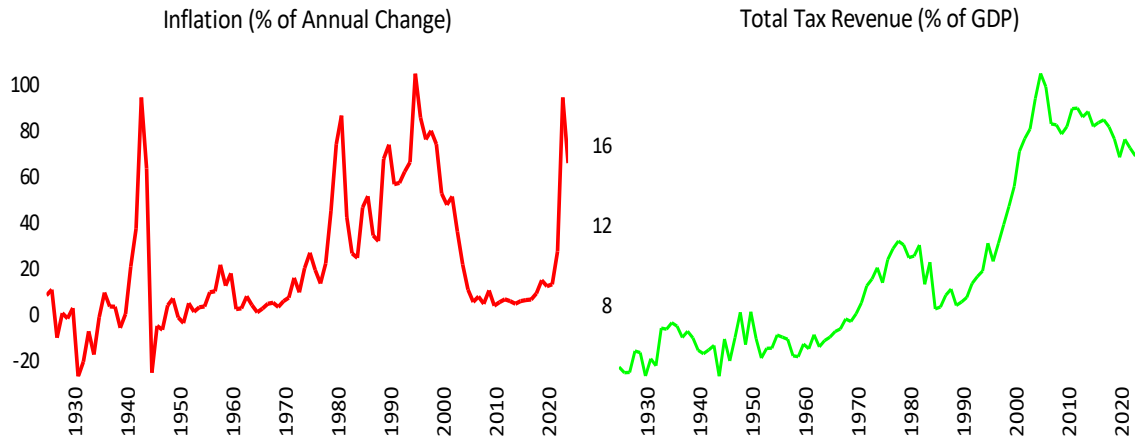


Figure 1. Inflation and Tax Revenue: (1924-2023) Reference: T.R. Ministry of Treasury and Finance (2024); T.R. Presidential Strategy and Budget Directorate (2024)

Figure 1 depicts the historical development of the indicators of tax revenues (% of real GDP) and inflation represented by the GDP deflator (% of annual change) in Türkiye as a time path graph. The 100-year average inflation and total tax revenues are 23% and 10%, respectively. In this manner, the fiscal consequences of inflation have become a remarkable concern for Türkiye, notoriously known for its historically high and chronic structure. Türkiye created a significant solution to the inflation problem both in the early periods of the Republic and the 2000s. Regarding both periods, it is possible to note that the initial disruptions in public finance gave rise to a subsequent spiral of inflation. A low level of total tax revenues also plays an important negative role in this regard. Furthermore, according to Gürkaynak et al. (2023: p.233), not every outbreak of inflation in Türkiye led to a public finance crisis. Nonetheless, every interval when public finance becomes unsustainable has resulted in inflation.

As we celebrate the second century of the Republic of Türkiye, we are facing a troubling situation where inflation is once again spiraling out of control. This has raised questions about how inflation affects tax revenues, especially since there are differing views on this topic in existing research. It highlights the importance of re-examining the relationship between inflation and tax

income. This study can contribute to the literature in several ways: (1) To our knowledge, no study examines Türkiye's 100-year history in a holistic manner, and studies in the literature can only date back to 1975 at most. (2) Moreover, at all stages of empirical application, novel Fourier-based empirical methods, which allow internal modeling of smooth structural breaks and have not been used before in the empirical literature, were used. (3) Since the study is based on a historical data set, it will allow the overall effect to be determined despite the changes in the tax system and the inflation path.

This study has four-parted design: The first section discusses the theoretical background of the relationship between inflation and tax revenues. The second section reviews empirical literature. The following section introduces the model, data, and methodology. The study then reports empirical results. In the last section, the findings and institutions of the Turkish Tax System are discussed, and some policy recommendations are included.

2. Inflation and Tax Revenues Relationship: Theoretical Background

Numerous theoretical studies support the notion that inflation can diminish the real value of tax revenues. This impact is influenced by various factors, such as the underlying causes of inflation (Cagan, 1956), its severity (Nowotny, 1980), the responsiveness of the tax system, and the time lag between taxable event and collection (Anušić & Švaljek, 1996; Beer et al., 2023; Choudhry, 1990; Mansfield, 1980; Olivera, 1967; Tanzi, 1978). Relevant studies indicate that inflation erodes real tax revenues, and they often evaluate them under the Olivera-Tanzi effect.

Cagan (1956) made significant contributions to the theoretical development of the Olivera-Tanzi effect. However, it was shaped by Olivera (1967) by monetizing fiscal deficits and basing the real change in tax revenues on a monetarist approach through this channel. In this context, Olivera (1967: p.260) stated that price changes are reflected more quickly in public expenditures, whereas public revenues take time to adjust. Furthermore, the author notes that certain tax revenues are linked to previous revenue figures. Some public revenues are influenced by exchange rates; however, adjustments to these rates occur with a delay in relation to changes in local currencies. Consequently, inflationary trends can lead to revenue reduction due to legal and delinquency delays (Çavuşoğlu, 2005: p. 38).

In other words, lags in the fiscal system (*ceteris paribus*) will result in a budget deficit problem due to inflation. To the best of our knowledge, the discussion surrounding this topic first

emerged in the work of Cagan (1956) and Olivera (1967), but it truly reached its peak when Tanzi (1977) provided a comprehensive analysis that significantly contributed to the literature on the subject. In addition to the inflation tax obtained through the monetization of public deficits, Tanzi (1977; 1978) offered a framework to the fundamental proposition of Olivera (1967) by approaching it from a fiscal perspective regarding lags in tax collection. In terms of developing economies, Tanzi (1978) stated that (a) tax bases are not suitable to bear the high tax burden; (b) tax administrations are inefficient even if their tax bases are suitable for high tax burdens; (c) public revenues may be insufficient due to political preferences and keeping the tax burden low. According to Tanzi (1977; 1978), if the price elasticity of a tax system is inelastic (*elastic*) and the collection lag period is long (*short*), inflation will negatively (*positively*) affect the real value of tax revenues. Figure 2 illustrates the relationship between these two factors.

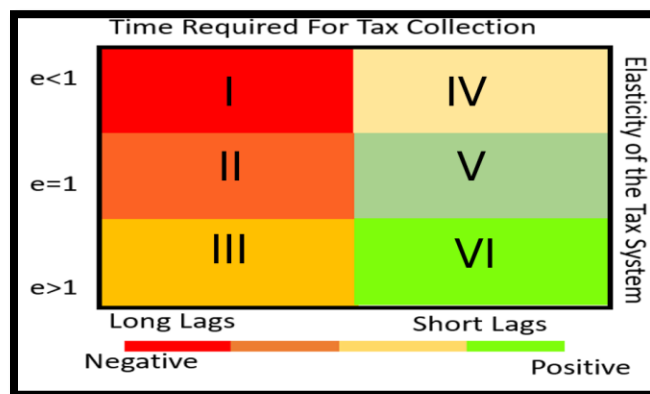


Figure 2. Effects of Inflation Corresponding to Elasticity and Lags. *Reference:* Regenerated by the authors basis of the data given by Tanzi (1978: p.424).

In Figure 2, inflation further erodes the real value of tax revenues as we move from green (minimum erosion area VI) to red (maximum erosion area I), with lags in tax collection on the horizontal axis and tax system elasticity (price elasticity of tax revenues (e)) on the vertical axis. Accordingly, regions I and II generally express the status of the tax systems of underdeveloped or developing countries. In contrast, regions V and VI typically describe developed economies' tax systems. Regions III and IV are transition stages that may occur depending on total economic activity. Figure 3 presents the hypothetical effect of the relationships in Figure 2 on real tax revenues.

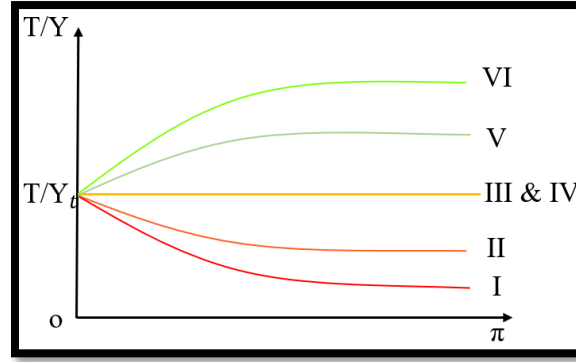


Figure 3. Relationship Between Inflation and Real Tax Revenue. *Reference:* Regenerated by the authors on the basis of the data given by Tanzi (1978: p.424).

Figure 3 shows variations in real tax revenues with inflation, elasticity of tax system, and collection lag. The area notations used in Figure 3 also represent the regions in the box diagram in Figure 2. In Figure 3, the basic multiplier in the form of $\frac{1}{(1+\pi_m)^{cl}}$ was used to calculate the inflation level's effect on tax revenues (Tanzi, 1977: p.157), where π_m is the monthly inflation level and cl is the tax collection lag. Tanzi (1978: p.426) calculated the erosion in the real value of tax revenues, assuming that the price elasticity of the tax system is unit, as shown in Equation 1.

$$T\pi = \frac{\left(\frac{T}{Y}\right)}{(1+\pi_m)^{cl}} = \frac{\left(\frac{T}{Y}\right)}{(1+\pi)^{cl/12}} \quad (1)$$

The increase in the $[(1 + \pi)^{cl/12}]$ value in the denominator in Equation 1, while $\left(\frac{T}{Y}\right)$ constant, will cause the real value of tax revenues to decrease. Regarding these conditions, Tanzi (1978) argued that the inflationary financing process was unsustainable and that the inflation level should be reduced as an essential policy. However, Phelps (1973) and Dixit (1991) claimed that an optimal combination could be achieved by compensating for the negative effects of the inflationary financing process on tax revenues through an inflation tax or seigniorage. However, this proposition was also criticized by Tanzi (1992) for not being applicable in terms of tax technique and policymakers' preferences (Çavuşoğlu, 2005: p.38).

The elasticity of a tax system is influenced by several factors, including the overall level of economic activity, distribution of income, taxation methods, range of the tax base, efficiency of tax administration, and dynamics of international tax competition. Therefore, robust tax system elasticity, steeply progressive taxation, effective tax administration, and deterrent tax penalty

practices are essential to minimize the erosion explained by the Olivera-Tanzi effect. At this stage, it would be useful to identify tax policies that exacerbate the Olivera-Tanzi effect. The degree of progressiveness in the tax system, i.e. low differences in the height and width of the tax schedule) will have a reducing effect on the flexibility of the tax system. Another extremely important issue is the indexation or adjustment of tax brackets in an inflationary environment. In an inflationary environment, nominal wage increases can result in individuals moving into higher brackets of progressive tax schedules. This situation exemplifies fiscal drag, also referred to as bracket creep, in taxation terminology (Banerjee, 2024: p.3). Additionally, the existence of flat-rate taxes diminish flexibility in the tax system (Ünlükaplan & Canıkalp, 2016: p.327). Other factors contributing to this issue include prolonged collection delays, insufficient penalties for non-compliance with tax obligations, and an inefficient tax administration system.

3. Review of Empirical Literature

The empirical literature on the fiscal effects of inflation focuses on indicators such as tax revenues. However, there is no consensus on the nature of this relationship. The examination of causal connections can provide partial insight into this confusion. The research findings on Türkiye regarding fiscal indicators shows either bidirectional (Çetintaş, 2005; Günaydın, 2001; İpek & Akar, 2016) or unidirectional causal relationships (Bayrak & Kanca, 2013; Doğru, 2014). Hence, we can assume that the available evidence supports the concept that the variables of inflation and fiscal indicators interact in at least one direction.

It is possible to investigate the connection between public revenue and inflation by classifying the studies conducted in terms of the fiscal costs of the inflation phenomenon on a variable basis. Among these techniques, valuable studies offer quantitative analyses based on Tanzi's (1978) methodology. Gürbüzer (1997) conducted a quantitative study on the Olivera-Tanzi effect in Türkiye, finding that inflation significantly reduced the real value of tax revenues from 1988 to 1996. During this time, the erosion rate of total tax revenues as a percentage of GDP varied between 1.6% and 2.5%. Another quantitative research by Şen (2003) covering the period 1987-2000 calculated that the reduction rate in the real value of tax revenues (% of GDP) varied between 1.4% and 2.0%. Remarkably, in both studies, the tax erosion values defined as the Olivera-Tanzi effect exceed 10% of total tax revenues.

On the other hand, Çavuşoğlu (2005) used the Johansen Cointegration method and predicted the erosion of tax revenues and public expenditures due to inflation within 1987: Q1-2003: Q4 for Türkiye and reported that the loss of value in public expenditures due to inflation was more dominant than the decrease in tax revenues. In addition, Beşer (2007) used the Bootstrap-VAR method to estimate the relationship between tax revenues and inflation for Türkiye during the 1987-2005 period and obtained results that supported the validity of the Olivera-Tanzi effect. Additionally, Ünlükaplan and Canıkalp (2016) found bidirectional Granger causality between inflation and tax revenues in Türkiye from 2006: M1 to 2016: M3, interpreting this as evidence of the Olivera-Tanzi effect.

Using Johansen cointegration and the VAR technique, Durmaz and Kılınç Savrul (2017) found that a 1% increase in inflation would reduce tax revenues (% of GDP) by 0.12%, supporting the validity of the Olivera-Tanzi effect during the 2003: M1-2016: M10 period. Akduğan (2020) used the ARDL method to examine the link between indirect tax revenues and inflation for Türkiye during the 2004-2019 period and found evidence supporting the validity of the Olivera-Tanzi effect. Akgül (2022) utilized the Hatemi-J asymmetric causality technique to examine indirect tax and inflation in Türkiye during 2010: M1-2021: M6 and found empirical evidence supporting the Olivera-Tanzi effect. In addition, Demir (2023) used the Maki cointegration technique to examine the link between Türkiye's budget balance and inflation for Türkiye during the 1960-2022 period and found that a 1% change in inflation created a 0.14% increase in the budget deficit, indirectly supporting the validity of the Olivera-Tanzi effect.

Conversely, Abdioğlu and Terzi (2009) declared that the Olivera-Tanzi Effect was invalid for Türkiye during 1975-2005. According to researchers, a 1% increase in inflation resulted in a 0.11% reduction in budget deficits (% of GDP). Similarly, Biçen et al. (2015) reported that their analysis of Türkiye from 1999: Q1-2014: Q1 did not reveal any evidence for the validity of the Olivera-Tanzi effect, which is consistent with the results of Özmen and Koçak (2012). Additionally, using the SVAR technique, Yalçın (2020) investigated the period 2006: Q1-2019: Q4 for Türkiye and support that the Olivera-Tanzi effect is invalid.

On the other hand, Karadeniz (2022) used the Maki Cointegration method for the 1975-2019 period to determine a quadratic relationship between inflation and tax revenues for Türkiye, revealing that the Olivera-Tanzi Effect can be observed until annual inflation exceeds the 74%

threshold value. In addition, Erdoğan and Erdoğan (2018) utilized the VAR technique to analyze Türkiye from 2006: M1 to 2017: M2. They found that while no statistically significant relationship existed in the short run, inflation had a negative effect on tax revenues in the long run.

After providing an overview of the empirical literature on Türkiye that has predominantly relied on time series techniques, reviewing the findings of studies based on panel data analysis and international samples would be beneficial to gain a broader understanding of the possible associations between inflation and fiscal variables. Özmen (2016) examined the determinants of tax revenues for the BRIC-T sample during the 1996-2013 period and found that a 1% increase in inflation would lead to a 0.09% decrease in tax revenues. Additionally, Çalcalı and Altın (2019) found that inflation negatively affects tax revenues in Germany, Greece, Hungary, Mexico, Switzerland, and Türkiye based on their investigation of tax revenue determinants in 16 OECD countries from 1991 to 2015. Afonso and Jalles (2019) demonstrated that a 1% decrease in inflation during the historical period of 1870-1914 for 17 selected countries resulted in a 0.02% increase in real tax revenues, indicating that the Olivera-Tanzi effect can also work in terms of deflation. Tülümce et al. (2021) found that a 1% increase in inflation during 1995-2020 for 16 countries in the Eurozone with panel cointegration techniques resulted in a 0.19% decrease in budget deficits, leading to the argument that the Olivera-Tanzi Effect is valid.

Table 1 summarizes the empirical literature, highlighting how the timeframe was analyzed, and the chosen methodologies significantly impact the findings. This indicates that studies employing various techniques to investigate the same period may yield different results.

Table 1

Empirical Literature Review

Author (Year)	Sample	Period	Method	Olivera-Tanzi Effect
Gürbüzer (1997)	Türkiye	1988–1996	Quantitative analysis	✓
Şen (2003)	Türkiye	1987–2000	Quantitative analysis	✓
Çavuşoğlu (2005)	Türkiye	1987: Q1–2003: Q4	Johansen Cointegration	✓
Beşer (2007)	Türkiye	1987–2005	Bootstrap VAR	✓
Abdioğlu & Terzi (2009)	Türkiye	1987–2005	ARDL	✗
Özmen & Koçak (2012)	Türkiye	1994–2011	ARDL	✗

Biçen et al. (2015)	Türkiye	1991: Q1–2014: Q1	ARDL	✘
Ünlükaplan & Canikalp (2016)	Türkiye	2006: M1–2016: M3	Granger Causality	✓
Özmen (2016)	Türkiye	1996–2013	Panel Cointegration	✓
Durmaz & Kılınç Savrul (2017)	Türkiye	2003: M1–2016: M10	Johansen Cointegration VAR	✓
Erdoğan & Erdoğan (2018)	Türkiye	2006:M1–2017:M2	VAR	✓
Çalcalı & Altınar (2019)	16 OECD	1991–2015	Panel Cointegration	✓
Afonso & Jalles (2019)	17 Country	1870–1914	GMM	✓
Yalçın (2020)	Türkiye	2006: Q1–2019: Q4	SVAR	✘
Akduğan (2020)	Türkiye	2004–2019	ARDL	✓
Tülümce et al. (2021)	16 Euro Area	1995–2020	Panel Cointegration	✓
Karadeniz (2022)	Türkiye	1975–2019	Maki Cointegration	✓
Akgül (2022)	Türkiye	2010: M1–2021: M6	Hatemi-J Asymmetric Causality	✓
Demir (2023)	Türkiye	1960–2022	Maki Cointegration	✓

Note. (✓) represents that the validity of the relevant hypothesis is supported, (✘) represents that it is not supported.

Furthermore, our findings regarding some exceptional cases in the empirical literature can be summarized as follows: (I) Several studies provide evidence of inflation's erosive effect on tax revenues, supporting the validity of the Olivera-Tanzi effect in Türkiye. (II) Many empirical studies assess the Olivera-Tanzi effect but often focus on legal delays and overlook delinquency lags because of limited data availability. (III) In a context like Türkiye, characterized by frequent structural changes, there are few studies that apply methods suitable for addressing these unique dataset features. (IV) Finally, even when examining the same time period, the findings on the fiscal effects of inflation can vary significantly depending on the empirical techniques used in different studies.

4. Data, Model, and Methodology

4.1. Data and Model

This study used a 100-year historical dataset of tax revenues compiled by the Republic of Türkiye Ministry of Treasury and Finance (2024). The dataset comprises total tax revenues (% of real GDP) and the GDP deflator (% of annual change).

Table 2

Description of Data

Variable	Symbol	Unit	Source
Total Tax Revenue	<i>Tax</i>	% of real GDP	T.R. Ministry of Treasury and Finance (2024)
GDP Deflator	<i>Def</i>	% Annual Change	T.R. Presidency of Strategy and Budget (2024)

This preference stems from the fact that price level data other than the GDP deflator exist for the early periods of the Türkiye and that the GDP deflator is more inclusive than other price metrics. We derive the GDP deflator from the T.R. Presidency of Strategy and Budget Economic and Social Indicators (2024).

Table 3 presents the descriptive statistics of the variables. The average total tax revenue (*Tax*) (% of real GDP) from 1924 to 2023 was 10.05%. The maximum value of 19.8% of *taxes* corresponds to the period after 2004, and the minimum value of 4.6% corresponds to 1926. The average value of the inflation indicator (*Def*) between 1924 and 2023 was 23.5%, demonstrating that inflation is a chronic problem for Türkiye. The maximum value was 106.4% in 1994. The minimum value of the series is -25.4%, corresponding to 1930, which was the beginning of both World War I and the Great Depression.

$$Tax_t = \beta_0 + \beta_1 Def_t + \epsilon_t \quad (2)$$

Equation 2 outlines the model to be estimated, focusing on the various factors influencing total tax revenues. It is important to note that incorporating these factors into a model that analyzes the impact of inflation on tax revenues could alter both the direction and strength of their relationship. Therefore, it is appropriate to directly examine the relationship between inflation and tax revenues without additional variables.

Table 3

Descriptive Statistics

Variables	Average	Max	Min	Std. Dev.
<i>Tax</i>	10.05	19.806	4.645	4.495

<i>Def</i>	23.513	106.450	-25.400	29.144
------------	--------	---------	---------	--------

Based on the theoretical proposition that long-run high inflation levels will lead to erosion in tax revenues, the primary expectation for the β_1 coefficient in Equation 2 is that it is statistically significant and has a negative sign.

4.2. Empirical Methodology

This study conducts an empirical analysis comprising three stages. To provide a clear overview, Figure 4 illustrates the empirical methodology employed in the study. Accordingly, the stationarity structure of the series was examined using the Fourier KPSS stationary test. Then, the cointegration relationship between the series is investigated using Tsong et al. (2016) Fourier–Shin cointegration methodology.

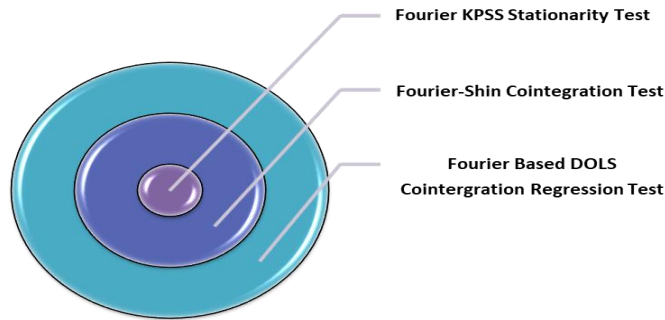


Figure 4. Empirical Methodology

After establishing the cointegration relationship among the series, we proceed to perform diagnostic tests and estimate the long-run coefficients. In the final phase, following the approach of Stock and Watson (1993), we employ Fourier-based DOLS to derive the long-run coefficients.

4.2.1. Fourier KPSS Stationary Test

The initial phase of the time series analysis involves assessing the stationarity characteristics of the series. For this purpose, we will utilize Becker et al. (2006) Fourier KPSS stationarity test. It is possible to discuss many internal and external shocks, such as economic crises, political instabilities, and natural disasters in Türkiye. Hence, the use of Fourier terms in testing stationarity provides an advantageous opportunity to forecast smooth structural breaks in the series without prior knowledge of them or external addition to the model, thereby preventing the model from weakening (Aydın & Bozatlı, 2023: p.41289). Equation 3 presents the data generation process within the scope of Becker et al. (2006) Fourier KPSS test.

$$y_t = \alpha_0 + \beta_t + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + r_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

In Equation 3 r_t can be defined as follows:

$$r_t = r_{t-1} + u_t \quad (4)$$

In Equation 3 ε_t , are stationary errors, and in Equation 4 u_t , are independent and identically distributed (*i.i.d.*) with variance σ_u^2 . Under the null hypothesis $\sigma_u^2=0$, the defined processes in Equations 3 and 4 are stationary. In contrast, $(\sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right))$ is chosen because a Fourier expression can approximate absolutely integrable functions to any desired degree of accuracy (Chang, 2011; p.2209). Equations 3 γ_1 and γ_2 measure the amplitude and displacement of the frequency component, respectively, and k represents the frequency selected for the approximation. A desirable feature of Equation 3 is that the standard linear specification emerges as a particular case by setting $\gamma_1 = \gamma_2 = 0$. If a structural break occurs, at least one frequency component must be present. Becker et al. (2004) leveraged this characteristic of Equation 3 to create a test with greater power to detect breaks of the unknown form than the standard Bai and Perron (1998) test. Since the data generating process in Equation 3 encompasses the one used for the standard KPSS test, Becker et al. (2006) stationary test with a Fourier function requires only a minor adjustment of the KPSS statistic (Chang, 2011; p.2210). The first step involves obtaining residuals from Equations 5 and 6:

$$y_t = a_0 + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + v_t \quad (5)$$

$$y_t = a_0 + \beta_t + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + v_t \quad (6)$$

Equation 5 examines the null hypothesis of level stationarity, whereas Equation 6 examines the null hypothesis of trend stationarity. The test statistic for testing the null hypothesis of stationarity in the series against the nonstationary alternative hypothesis is calculated as follows:

$$\tau_{KPSS}(k) = \frac{1}{T^2} \frac{\sum_{t=1}^T \tilde{S}_t(k)^2}{\tilde{\sigma}^2} \quad (7)$$

The term is defined as $\tilde{S}_t(k) = \sum_{j=1}^t \tilde{v}_j$ in Equation 7, \tilde{v}_j indicates the residuals obtained from Equations 5 and 6. In line with the KPSS framework and using a Phillips-Perron type approach, Becker et al. (2006) recommended obtaining a nonparametric estimate of σ^2 by selecting a truncation lag parameter l and a set of weights: $w_j, j = 1, 2, \dots, l$.

$$\sigma^2 = \tilde{\alpha}_0 + 2 \sum_{j=1}^l w_j \tilde{\alpha}_j \quad (8)$$

In Equation 8 $\tilde{\alpha}_j$ is represents j_{th} sample autocovariance of the residuals \tilde{v}_t from Equations 5 and 6 respectively. Becker et al. (2006) suggested that the frequencies in Equations 5 and 6 should be obtained by minimizing the sum of the squared residuals.

4.2.2. Fourier-Shin Cointegration Test

Shin (1994) assessed the cointegration relationship between variables using KPSS stationarity test and developed a long-run relationship test. Arai and Kurozumi (2007) later designed a test that allows for internal structural breaks, but evaluations of long-run relationships must consider both sudden and gradual structural breaks between series. Tsong et al. (2016) proposed a new test that incorporates Fourier functions into Shin (1994) cointegration test to address this concern. The fundamental model of this test is presented in Equation 9.

$$y_t = d_t + x_t' \beta + n_t, t = 1, 2, \dots, T, \quad (9)$$

In Equation 9 $\eta_t = \gamma_t + v_{1t}$, $\gamma_t = \gamma_{t-1} + u_t$ with $\gamma_0 = 0$ and $x_t = x_{t-1} + v_{2t}$. Here u_t is an independent and identically distributed process (*i.i.d.*) with zero mean and variance $\sigma_u^2 = 0$. For this reason, γ_t is a random walk with mean zero (Tsong et al., 2016: p.1087). In addition, in Equation 9 d_t represents the deterministic terms defined as follows:

$$d_t = \sum_{i=0}^m \delta_i t^i + f_t \text{ with } m = 0 \text{ or } m = 1 \quad (10)$$

In Equation 11, f_t shown as follows:

$$f_t = \alpha_k \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_k \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (11)$$

The scalar v_{1t} and p-vector v_{2t} are stationary, and hence, y_t and x_t are all I(I) processes. And, if $\sigma_u^2=0$, $\eta_t = v_{1t}$ is a stationary process, implying that y_t and x_t are cointegrated. Thus, the null hypothesis of cointegration can be defined as follows:

$$H_0: \sigma_u^2=0 \text{ versus } H_1: \sigma_u^2 > 0 \quad (12)$$

In Equation 12, the null hypothesis, which asserts the presence of cointegration, is tested against the alternative hypothesis, which asserts the absence of cointegration. The test statistic used to evaluate these hypotheses is defined in Equation 13:

$$CI_F^m = T^{-2} \hat{\omega}_1^{-2} \sum_{t=1}^T S_t^2, S_t = \sum_{t=1}^T \hat{v}_{1t} \quad (13)$$

In Equation 13, $\hat{\omega}_1$, \hat{v}_{1t} are the partial sum of the error terms and the long-run variance estimator, respectively. At this stage, the test statistics calculated following the methodology developed by Tsong et al. (2016) are compared with the critical values. If the calculated test statistics are smaller than the critical value, the null hypothesis implying the existence of cointegration cannot be rejected. Furthermore, Tsong et al. (2016) stated that the significance of Fourier terms should be assessed using the F-test.

5. Empirical Results ¹

The first step in defining the empirical results is to report on stationarity structures of the series obtained from Becker et al. (2006) Fourier KPSS test results. According to the Fourier KPSS results, *Tax* and *Def* series are stationary at I(1). For the Fourier KPSS test to be valid, the F-constraint test applied to the Fourier terms must also be statistically significant. When Table 4 is examined, the F-constraint tests are considered significant. Moreover, to compare the results obtained from the Fourier KPSS test with the coefficients, the critical values for the relevant

¹ For Fourier KPSS test estimation, Gauss 10, Fourier Shin cointegration, F test statistics of Fourier-based analysis and Fourier based DOLS cointegration estimator were estimated using EViews 12 package programs.

frequencies and the F-constraint test critical values presented in Becker et al. (2006) are also presented in Table 4.

Table 4

Fourier KPSS Stationarity Test Results

<i>Fourier KPSS (Break in Level & Trend)</i>					
Variables	I (0)	I (1)	Min SSR	k	$F_t(\hat{k}) - trend$
<i>Tax</i>	0.234	0.027***	63.132	3	4.460*
<i>Def</i>	0.365	0.024***	31197.41	2	5.154**
<i>$\tau_\tau(k) - trend$ Critical Values</i>				<i>$F_\tau(\hat{k}) - trend$ Critical Values</i>	
	k (2)	k (3)			
<i>%1</i>	0.202	0.210			6.873
<i>%5</i>	0.132	0.142			4.972
<i>%10</i>	0.103	0.114			4.162

Note. ***, **, * denote significance at the 1%, 5%, and 10% levels, respectively. (k) denotes the frequency.

Table 5 presents the results of Fourier Shin cointegration analysis. Tsong et al. (2016) stated that the null hypothesis of Fourier Shin cointegration test is that cointegration exists between the series. According to the test statistics (CI_f^m) presented in Table 5, the hypothesis that the series are cointegrated cannot be rejected at any level. Furthermore, according to the F-test, the Fourier terms were significant at the 1% level.

Table 5

Fourier Shin Cointegration Results

	CI^m_f	(k)	Min SSR
<i>Tax=f(Def)</i>	0.039	1	159.51
Table critical values	%1	%5	%10
	0.063	0.048	0.042
	$F^m(k^*)$		
<i>Tax=f(Def)</i> F-test	29.974***		
Table Critical Values	%1	%5	%10
	5.860	4.019	3.306

Note. *** denotes significance at the 1% level.

Table 5 provides evidence of a cointegration relationship between the series. The coefficients of the series are estimated in the next stage using Fourier-based DOLS cointegration regression. In the DOLS cointegration tests, lags were automatically determined according to the Akaike information criterion. Tsong et al. (2016: p.1091) stated that if the strict exogeneity assumption is violated, the cointegration vector will not be effective, the asymptotic distribution of the CI^m_f test will depend on unknown nuisance parameters, and the use of a DOLS estimator is appropriate for this problem.

Table 6

Long Run Results

Fourier Based DOLS		
Variable	Coefficient	t-statistic
<i>Def</i>	-0.060***	(-3.246)
<i>Sin</i>	1.285***	(2.708)
<i>Cos</i>	-1.716*	(-1.966)
<i>C</i>	5.197***	(4.320)
<i>Trend</i>	0.129***	(6.439)
R^2	0.91	
<i>Adj. R²</i>	0.90	
<i>Jarque-Bera (prob)</i>	5.635(0.060)	

Note. *** and * indicate statistical significance at the 1% and 10% levels. sin and cos represent sine and cosine as trigonometric terms.

Fourier-based DOLS regression results show that inflation has a negative impact on tax revenues. Moreover, trend models are preferred in predictions for all processes that observe trends in inflation and tax revenues. The trend coefficient is statistically significant. In addition, the coefficients related to the Fourier terms were found to be statistically significant and in line with expectations. Considering that the average inflation (% of annual change) level in the 1924-2023 period was 23.6%, tax revenues for Türkiye are being eroded by inflation, which is significantly consistent with theoretical expectations. Subsequently, our findings point to results akin to the Olivera-Tanzi hypothesis that inflation may lead to an erosion of tax revenues for Türkiye. This finding, indicated by both theoretical expectations and descriptive data, also reconfirms the result indicated by many empirical investigations using a historical data set and Fourier novel time series analysis. In other words, the findings of previous studies indicating the erosionist effects of the Olivera-Tanzi effect (Akduğan, 2020; Beşer, 2007; Demir, 2023; Gürbüz, 1997; Özmen, 2016; Şen, 2003) on specific periods are consistent with the results obtained in this study.

6. Conclusion and Discussion

It is a matter of consensus that inflation is a continuous increase in the general level of prices, and high inflation negatively affects the economic system in numerous ways. However, different views on the effects of inflation on fiscal policy tools are possible. Therefore, research on the interaction between inflation and the fiscal system continues to expand. Therefore, within the scope of this study, the connection between tax revenues and inflation during the first century of the Republic of Türkiye is examined through novel empirical techniques. In this context, predictions using a combination of historical datasets and Fourier-based empirical techniques reveal that total tax revenues and inflation variables have a cointegration relationship. However, the results indicate that inflation erodes total tax revenues. Therefore, our study provides similar evidence for the validity of the Olivera-Tanzi effect, consistent with many previous empirical studies for Türkiye (Akduğan, 2020; Akgül, 2022; Demir, 2023; Karadeniz, 2022; Ünlükaplan & Canıkalp, 2016).

However, at present, it is impossible to directly state that the modern Turkish tax system does not consider inflation risk. There are many inflation protection institutions in the Turkish Tax System. As explained in the previous sections, a determinant of the erosional effect of inflation is

the lags in tax collection periods stipulated by law. Within the scope of the Turkish tax system, wages and interest income are taxed by deduction (withholding) from the income tax at source. Tax receivables are taxed quarterly through provisional tax returns. Moreover, withholding agents report the tax bases deducted from wage earners to the tax office monthly through withholding tax declarations (Income Tax Code, art. 84). In addition, if the tax liability is not accrued within the legal periods (Tax Procedure Code, art.112), lag interest; If the tax debt is not paid within the legal periods (Law for Collection of Public Revenue, art. 51), late payment charge applications come into force.

These structures are implemented at rates equal to or higher than the inflation rate to prevent tax debt from being used as a loan. However, these measurements remain below the inflation rate during periods such as 2018. Again, to provide an inflation-resilient tax structure, a revaluation rate is established to protect the rights of both the taxpayer and the tax administration. Despite the existence of these tax institutions that protect against inflation, such as provisional tax, withholding at source, revaluation rate, lag interest, and late payment charges, the validity of the Olivera-Tanzi effect can be explained in many respects. (1) Given that our 100-year average inflation rate is 23% and exceeds 100% in some periods, high inflation levels create an erosion for every tax type whose average legal payment period exceeds one month. (2) Inflation protection institutions are generally included in the scope of income taxes, but a significant part of tax revenues in Türkiye are obtained from indirect taxes. Moreover, inflation in Türkiye may also erode the revenue of indirect taxes over time. (3) Although it has a limited portion in total tax revenues, the average collection period for wealth taxes is very long and is heavily exposed to erosion. (4) This context also highlights the prevalence of the informal economy in Türkiye and the theoretical propositions suggesting that tax avoidance has become more widespread during periods of high inflation.

To minimize the erosion in tax revenues and make the Turkish tax system an inflation-resilient structure, focusing primarily on tax collection periods may be helpful. The infrastructure provided by advanced financial systems will enable the reduction of declaration-based transactions. By doing so, the lag in tax applications based on accrual and collection of expenditure-based indirect taxes can be reduced. In addition, time-based regulations in wealth taxes, which have incredibly long tax collection periods, can decrease the erosion of tax receivables due to inflation. Increasing the effectiveness of tax administration audits for taxes that are within the scope of

income tax and assessed based on declarations, as well as increasing alternative time costs due to delinquency lags by aggravating tax penalties and sanctions, is also necessary.

Like any empirical study, this research has significant limitations that must be acknowledged. One of the main challenges is the lack of comprehensive datasets on various tax revenues and price indices for past periods in Türkiye. In addition, our analysis spanning a century limits our ability to distinguish the time-varying effects of inflation. Future studies can use time-varying models to improve the analysis. Moreover, the model estimated in this paper is relatively simple, suggesting room for improvement. Including control variables for tax revenues can increase the model's explanatory power. In this context, it would be helpful to investigate how institutional factors such as central bank independence, political stability, and financial development can reduce the negative effects of inflation on tax revenues. Addressing these limitations and investigating the potential asymmetric aspects of the relationship can contribute significantly to the literature in this area.

Declaration of Research and Publication Ethics

This study which does not require ethics committee approval and/or legal/specific permission complies with the research and publication ethics.

Researcher's Contribution Rate Statement

Seref Can Serin contributed 60% and Murat Demir contributed 40% to this study.

Declaration of Researcher's Conflict of Interest

There are no potential conflicts of interest in this study.

References

- Abdioğlu, Z., & Terzi, H. (2009). Enflasyon ve bütçe açıkları ilişkisi: tanzi ve patinkin etkisi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(2), 195-21.
- Afonso, A., & Jalles, J. T. (2019). The fiscal consequences of deflation: evidence from the golden age of globalization. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 74, 129-147. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2019.01.016>
- Akduğan, U. (2020). Enflasyon ve dolaylı vergiler arasındaki bağlantı: Türkiye örneği. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(4), 2248-2262. <https://doi.org/10.33206/mjss.719936>
- Akgül, A. (2022). Türkiye’de enflasyon ile vergi gelirleri ilişkisinin simetrik ve asimetrik nedensellik analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 17(2), 455-478. <https://doi.org/10.17153/oguiibf.1058349>
- Anuřić, Z., & Švaljek, S. (1996). Olivera-tanzi effect: theory and its manifestation in the Croatian stabilization programme. *Croatian Economic Survey*, 3, 73-102.
- Arai, Y., & Kurozumi, E. (2007). Testing for the null hypothesis of cointegration with a structural break. *Econometric Reviews*, 26(6), 705-739. <https://doi.org/10.1080/07474930701653776>
- Aydın, M., & Bozatlı, O. (2023). The impacts of the refugee population, renewable energy consumption, carbon emissions, and economic growth on health expenditure in Turkey: New evidence from Fourier-based analyses. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(14), 41286-41298. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25181-8>
- Bailey, M. J. (1956). The welfare cost of inflationary finance. *Journal of Political Economy*, 64(2), 93-110. <https://doi.org/10.1086/257766>
- Bai, J., & Perron, P. (1998). Estimating and testing linear models with multiple structural changes. *Econometrica*, 47-78. <https://doi.org/10.2307/2998540>
- Banerjee, J. J. (2024). Inflationary oil shocks, fiscal policy, and debt dynamics: New evidence from oil-importing OECD economies. *Energy Economics*, 130, 107249. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107249>
- Bayrak, M., & Kanca, O. (2013). Türkiye’de kamu kesimi açıklarının nedenleri ve fiyatlar genel düzeyi üzerindeki etkileri. *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 48, 91-11.
- Becker, R., Enders, W., & Hurn, S. (2004). A general test for time dependence in parameters. *Journal of Applied Econometrics*, 19(7), 899-906. <https://doi.org/10.1002/jae.751>
- Becker, R., Enders, W., & Lee, J. (2006). A stationarity test in the presence of an unknown number of smooth breaks. *Journal of Time Series Analysis*, 27(3), 381-409. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9892.2006.00478.x>

- Beer, S., Griffiths, M., & Klemm, A. (2023). Tax distortions from inflation: what are they? how to deal with them?. *Public Sector Economics*, 47(3), 353-386. <https://doi.org/10.3326/pse.47.3.3>
- Beşer, M. K. (2007). Bootstrap VAR modeller ve Türkiye’de tanzi etkisi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 3(6), 89-108.
- Biçen, Ö. F., Gorus, M., & Türköz, K. (2015). Olivera-tanzi ve patinkin etkilerinin Türkiye’de geçerliliğinin incelenmesi. *Maliye Dergisi*, 168, 170-185.
- Cagan, P. (1956). The monetary dynamics of hyperinflation. In M. Friedman. (ed.), *Studies in the Quantity Theory of Money* (pp. 25-117). The University of Chicago Press.
- Chang, T. (2011). Hysteresis in unemployment for 17 OECD countries: stationary test with a fourier function. *Economic Modelling*, 28(5), 2208-2214. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2011.06.002>
- Choudhry, N. N. (1990). Fiscal revenue and inflationary finance. *IMF Working Papers*, 1990(048), 1-22. <https://doi.org/10.5089/9781451972184.001.A001>
- Cochrane, J. H. (2023). *The fiscal theory of the price level*. Princeton University Press.
- Çalcalı, Ö., & Altiner, A. (2019). Makro ekonomik açıdan vergi gelirlerinin belirleyicileri: OECD ülkeleri üzerine bir uygulama. *Maliye ve Finans Yazıları*, 112, 175-198. <https://doi.org/10.33203/mfy.492060>
- Çavuşoğlu, A. T. (2005). Vergi gelirleri ve kamu harcamaları açısından enflasyon: tanzi ve ters tanzi etkileri. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(3), 35-52.
- Çetintaş, H. (2005). Türkiye’de bütçe açıkları enflasyonun nedeni midir? *İktisat İşletme ve Finans*, 20(229), 115-131. <https://doi.org/10.3848/iif.2005.229.5404>
- Demir, F. (2023). The effect of inflation on the budget deficit in Türkiye: Evidence from cointegration test with multiple structural breaks. *Journal of Life Economics*, 10(4), 169-178. <https://doi.org/10.15637/jlecon.2170>
- Dixit, A. (1991). The Optimal mix of inflationary finance and commodity taxation with collection lags. *IMF Staff Papers*, 38(3), 643-654. <https://doi.org/10.2307/3867161>
- Doğru, B. (2014). Yüksek enflasyon dönemlerinde bütçe açığı ve enflasyon arasında nedensellik ilişkisi var mıdır? 1978-2002 dönemi Türkiye örneği. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 9(1), 113-130.
- Durmaz, G., & Kılınç Savrul, B. (2017). Türkiye’de vergi gelirleri ile enflasyon arasındaki ilişkinin VAR analizi çerçevesinde değerlendirilmesi. *Eurasian Econometrics Statistics & Empirical Economics Journal*, 6, 48–73. <https://doi.org/10.17740/eas.stat.2017-V6-04>

- Erdoğan, S., & Erdoğan, A. (2018). Türkiye ekonomisine yönelik tanzi ve patinkin etkilerinin VAR analizi (2006-2017). *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), 1-10.
- Gübüzer, S. (1997). Enflasyonun vergi gelirlerinin reel değeri üzerindeki etkisi (Tanzi etkisi). *Hazine Dergisi*, 7, 1-30.
- Günaydin, İ. (2001). Türkiye’de kamu kesimi açıkları ve enflasyon. *İktisat İşletme ve Finans*, 16(181), 62-77. <https://doi.org/10.3848/iif.2001.181.2032>
- Gürkaynak, R., Kısacıkoğlu, B., & Lee, S. S. (2023). Enflasyonda ektiğini biçmek. In Ö. F. Çolak, (Ed.), *Yüzyılın Ekonomisi Vol II* (pp. 224-243). Efil Yayınevi.
- İpek, E., & Akar, S. (2016). Bütçe açığı ve enflasyon arasındaki ilişki: Türkiye için ampirik bir analiz. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 38(2), 167-189. <https://doi.org/10.14780/muiibd.281393>
- Karadeniz, Y. (2022). Enflasyon ve bütçe açığı arasındaki kuadratik ilişki: Türkiye örneği. *Sayıştay Dergisi*, 33(125), 291-209. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1140367>
- Mansfield, C. Y. (1980). Tax-base erosion and inflation: The case of Ghana: Controlling imports and prices of key products, while maintaining an overvalued exchange rate, can erode the tax base when inflation is high. *Finance & Development*, 17(3), 1-48. <https://doi.org/10.5089/9781616353421.022.A009>
- Musgrave, R. A., & Musgrave, P. B. (1989). *The theory of public finance* (fifth edition). New York.
- Nowotny, E. (1980). Inflation and taxation: Reviewing the macroeconomic issues. *Journal of Economic Literature*, 18(3), 1025-1049.
- Olivera, J. H. G. (1967). Money, prices and fiscal lags: A note on the dynamics of inflation. *PSL Quarterly Review*, 20(82), 258-267. <https://doi.org/10.13133/2037-3643/11702>
- Özmen, İ. (2016). Vergi gelirlerinin belirleyicileri üzerine karşılaştırmalı bir analiz: BRIC-T. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 16(32), 232-252. <https://doi.org/10.30976/susead.302144>
- Özmen, M., & Koçak, F. İ. (2012). Enflasyon, bütçe açığı ve para arzı ilişkisinin ARDL yaklaşımı ile tahmini: Türkiye örneği. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(1), 1-19.
- Phelps, E. S. (1973). Inflation in the theory of public finance. *The Swedish Journal of Economics*, 75(1), 67-82. <https://doi.org/10.2307/3439275>
- Sargent, T. J., & Wallace, N. (1981). Some unpleasant monetarist arithmetic. *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, 5(3), 1-17. <https://doi.org/10.21034/qv.531>

- Shin, Y. (1994). A residual-based test of the null of cointegration against the alternative of no cointegration. *Econometric Theory*, 10(1), 91-115. <https://doi.org/10.1017/S0266466600008240>
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (1993). A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems. *Econometrica*, 61(4), 783-820.
- Şen, H. (2003). Olivera tanzi etkisi: Türkiye üzerine ampirik bir çalışma. *Maliye Dergisi*, 143, 30-57.
- Tanzi, V. (1977). Inflation, lags in collection, and the real value of tax revenue. *IMF Staff Papers*, 24(1), 154-167. <https://doi.org/10.5089/9781451956443.024>
- Tanzi, V. (1978). Inflation, real tax revenue, and the case for inflationary finance: theory with an application to Argentina. *IMF Staff Papers*, 25(3), 417-451. <https://doi.org/10.5089/9781451972559.024>
- Tanzi, V. (1992). Theory and policy: A comment on dixit and on current tax theory. *IMF Staff Papers*, 39(4), 957-966. <https://doi.org/10.5089/9781451966480.001>
- T.R. Presidential Strategy and Budget Directorate. (2024). Statistics. Retrieved 03 June 2024 from <https://www.sbb.gov.tr/>
- T.R. Ministry of Treasury and Finance. (2024). Statistics. Retrieved 03 June 2024 from <https://www.hmb.gov.tr/kamu-finansmani-istatistikleri>
- Tsong, C. C., Lee, C. F., Tsai, L. J., & Hu, T. C. (2016). The fourier approximation and testing for the null of cointegration. *Empirical Economics*, 51, 1085-1113. <https://doi.org/10.1007/s00181-015-1028-6>
- Tülümce, S. Y., Akçay, F., & Yavuz, E. (2021). Tanzi ve patinkin etkisinin panel veri analizi: Euro bölgesi ülkeleri. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 6(IERFM Özel Sayısı), 97-118. <https://doi.org/10.30784/epfad.1020804>
- Ünlükaplan, İ., & Canıkalp, E. (2016). Olivera-tanzi etkisi: Türkiye üzerine uygulamalı bir analiz. *International Balkan and Near Eastern Social Sciences Conference Series*. Macedonia, 279-28
- Yalçın, E. (2020). Tanzi ve patinkin etkilerinin Türkiye’de geçerliliğinin incelenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 59-76. <https://doi.org/10.30803/adusobed.784611>





Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 67-89, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 22.10.2024 Accepted / Kabul: 30.11.2024

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1571889>

Solid Waste Recovery, Co2 Productivity and Growth: An Empirical Analysis for Sustainable Development in Turkiye

Maya MOALLA^a

^aDr., Independent Researcher, Mersin, TURKIYE  <https://orcid.org/0000-0003-4076-2790>

Abstract

This article seeks to explore the connection between solid waste recycling and economic growth through the lens of the circular economy perspective in Turkiye, considering the CO2 productivity index which had been reconstructed by using the PCA method (Principal Component Analysis) utilizing three different variables during the period spanning from 2000Q1 to 2021Q4. The findings revealed that recycling has a negative long-term impact on economic growth, indicating that policymakers should invest in modernizing infrastructure and optimizing logistics, provide financial support through subsidies and incentives, and foster public-private partnerships to enhance recycling's economic benefits. Furthermore, markets should be developed for recycled products with public procurement policies and consumer campaigns, considering the market volatility. Moreover, strengthening regulations, encouraging research and development, and enhancing governance and coordination will ensure effective recycling management and contribute to environmental sustainability and economic growth.

Keywords

Solid Waste Recovery, Co2 Productivity, Growth

JEL Classification

C22, Q53

Contact Maya MOALLA ✉ mayamoalla@hotmail.com 📍 Mersin, TURKIYE

Citation Moalla, M. (2025). Solid waste recovery, Co2 productivity and growth: an empirical analysis for sustainable development in Turkiye. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 67-89.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Türkiye'de Sürdürülebilir Kalkınma İçin Katı Atık Geri Dönüşümü, Co2 Verimliliği ve Büyüme: Ampirik Bir Analiz

Öz

Bu makale, Türkiye'de katı atık geri dönüşümü ve ekonomik büyüme arasındaki bağlantıyı, döngüsel ekonomi perspektifiyle, 2000Q1'den 2021Q4'e kadar olan dönemi kapsayan üç farklı değişken kullanılarak PCA (Temel Bileşen Analizi) yöntemiyle yeniden yapılandırılmış CO2 verimlilik endeksi göz önünde bulundurularak araştırmayı amaçlamaktadır. Bulgular, geri dönüşümün uzun vadede ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, politika yapıcıların altyapıyı modernize etmeye ve lojistik süreçleri optimize etmeye yatırım yapmaları, sübvansiyonlar ve teşvikler yoluyla finansal destek sağlamaları ve geri dönüşümün ekonomik faydalarını artırmak için kamu-özel sektör ortaklıklarını teşvik etmeleri gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, piyasa dalgalanmaları göz önüne alınarak, kamu alım politikaları ve tüketici kampanyaları ile geri dönüştürülmüş ürünler için pazarlar geliştirilmelidir. Bunun yanı sıra, düzenlemelerin güçlendirilmesi, araştırma ve geliştirmeye teşvik verilmesi, yönetim ve koordinasyonun iyileştirilmesi, etkili geri dönüşüm yönetimini sağlayacak ve çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik büyümeye katkıda bulunacaktır.

Anahtar Kelimeler
Katı Atık Geri Dönüşümü, Co2 Verimliliği, Büyüme

JEL Kodu
C22, Q53

1. Introduction

As per the World Bank's "What a Waste 2.0" report, the persistent increase in global household solid waste, notably significant in low and middle-income countries (Kaza et al., 2018), is projected to reach 3.4 billion tons by 2050. Along with the conventional and unsustainable waste management methods, this increase in waste volume leads to 1.6 billion tons of carbon releases and escalates management costs. Hoornweg and Bhada-Tata (2012) expected an increase in these costs from \$205 billion to \$376 billion by 2025. The 2020 waste statistics of Türkiye compiled by the Turkish Statistical Institute (TÜİK) mirror these global challenges. In 2020, Türkiye produced 104.8 million tons of waste, of which 30.9 million tons were classified as hazardous, indicating a 10.5% rise from 2018. Of this waste, 56.3% was transported to authorized waste processing facilities, 4.2% to disposal sites, and 7.1% was stored on-site. A mere 0.1% was treated using alternative methods, with recycling units handling 7%, and municipalities or industrial zones handling 1.7%, underscoring the significance of effective waste management and recycling for sustainability.

The pressures of overpopulation, industrial advancement, urban expansion, and climate change necessitate immediate, sustainable solutions due to their effect on consumption patterns and waste production (Philippidis et al, 2019). Moreover, waste management is further complicated

by the harmful effects of waste on living organisms, combined with climate change and socio-economic subtleties (Gardiner and Hajek, 2020). One of the major drivers of human-induced environmental and climate changes is the linear production and consumption system, characterized by the "take-make-use-dispose" model (Kuvvetli Yavaş, 2023). To address the deficiencies of the linear economy, waste management has become a global imperative, with a circular economy emphasizing sustainability and resource efficiency through reducing the production, consumption, and disposal of goods while enhancing well-being (World Bank, 2022). The theoretical framework is based on the ecological modernization theory, which posits that environmental concerns caused by economic activities can be alleviated by recuperating resource efficiency through technical innovations like the practices of circular economy (Ferronato et al., 2019).

The circular economy, initially centered on recycling, has since expanded to incorporate reduction and reuse, thus creating the 3R strategy. The European Union's 2008 Solid Waste Framework Directive further advanced this by establishing the 4R strategy encompassing reduce, reuse, recycle, and recover. In 2017, the comprehensive 10R principles were defined: Refuse, Rethink, Reduce, Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycle, and Recover (Moraga et al., 2019). By implementing these principles, the circular economy intends to replicate natural ecosystems and move from the linear economy to a regenerative model that considers products' entire life cycles (De Jesus et al., 2018). This study inspected the bond between the circular economy and economic evolution during the period spanning from 2000Q1 to 2021Q4.

The potential addition of this study to the existing literature is considering the CO₂ productivity index reconstructed using the PCA method (Principal Component Analysis) utilizing three different variables. CO₂ productivity is one of the environmental and resource efficiency indicators which includes indicators such as production and consumption-based CO₂ emissions and efficiency, energy intensity and efficiency, total primary energy supply, renewable energy supply, the share of renewable energy in electricity production, per capita urban waste, and recycled urban waste. These indicators inspect the efficiency of economic activities involving energy, environmental services, and other natural resources, reflecting significant aspects of the transition to a resource-efficient and low-carbon economy. This study considers production-based carbon dioxide emissions and efficiency. Furthermore, it aims to mark significant contributions to the scholarly domain since macro-level aggregate research investigating the nexus between

recycling of municipal solid waste and both economic and environmental indicators is notably scarce, with few existing studies attempting to understand the impacts of municipal solid waste recycling on economic expansion and environmental quality. This is the initial work that investigates the nexus between the circular economy and economic growth considering CO2 productivity.

Based on OECD data, Turkiye's production-based CO2 emissions rose from 201.22 (in 2000) to 391.19 million tons in 2021, following a fluctuating trend. However, OECD countries, especially the OECD Europe region, exhibited smaller fluctuations than Turkiye. Significant decreases during the 2009 economic crisis and the 2020 pandemic were observed. On another side, the production-based CO2 productivity measures the amount of CO2 emitted from burning coal, oil, natural gas, and other fuels; reflects efficient resource allocation in production through a high CO2 efficiency value, which is favorable. Turkiye's CO2 efficiency fluctuated between 4 and 6 from 2000 to 2021, showing only slight improvement, implying that production's fossil fuel efficiency has not notably improved due to factors such as inadequate domestic savings, short-term foreign investments, insufficient private enterprise, and export dependence on imports.

Figure (1) depicts the production-based CO2 productivity (\$/kg) during the period spanning from 2000 to 2021. Turkiye's CO2 efficiency exceeds the overall OECD average but trails behind OECD European countries, indicating that despite performing well compared to the total OECD average, Turkiye still falls short compared to OECD European countries. Noteworthy is the continuous rise in CO2 efficiency among OECD member countries due to increased investments in renewable energy and the adoption of more efficient systems in the energy sector, driven by environmental pressures (Karadaş & Işık, 2019).

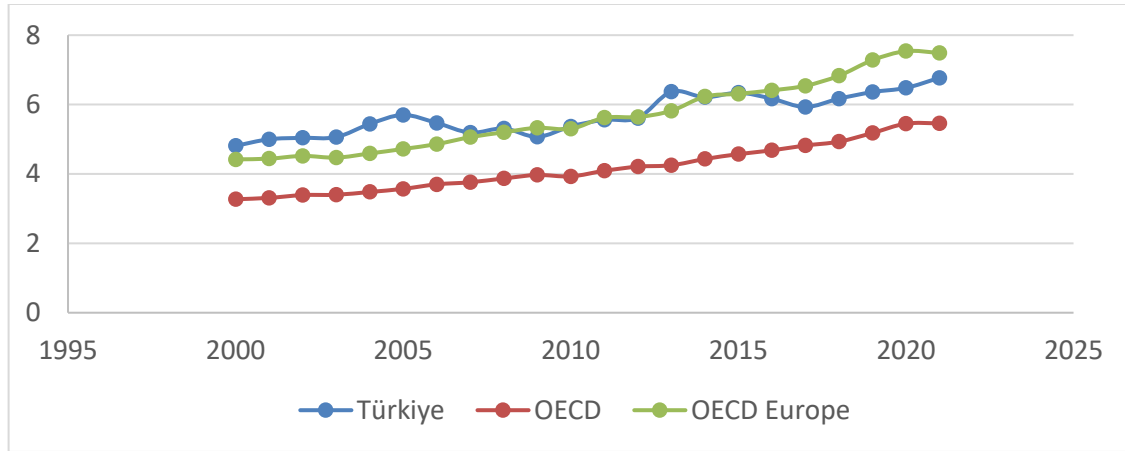


Figure 1. Production-based CO₂ productivity (\$/kg)

These indicators show a negative development in Türkiye, stemming from problems in obtaining clean energy and using this energy efficiently. Therefore, more studies and research are required to draw a roadmap for policymakers, thus the importance of this study. This study aims to mark significant contributions to the scholarly domain since macro-level aggregate research investigating the nexus between the recycling of municipal solid waste and both economic and environmental indicators is notably scarce, with few existing studies attempting to understand the impacts of municipal solid waste recycling on economic expansion and environmental quality. This is the initial work that investigates the nexus between the circular economy and economic growth considering CO₂ productivity. This study is structured as follows: in the second section, an overview of the literature is provided. The third one explains the methodology. The fourth section presents empirical conclusions. The final one discussed conclusions and policy recommendations.

2. Review of Literature

There is a remarkable lack of macro-level research investigating the nexus between municipal solid waste recycling and its weight on both environmental outcomes and economic development, especially for Türkiye. Miçooğulları & Moalla (2023) analyze the weight of solid waste recycling on economic evolution in Türkiye; however, this study contributes to the circular economy literature by incorporating the CO₂ productivity index, reconstructed using PCA.

Korhonen et al. (2018) define a circular economy (CE) as an economy designed to maximize the service derived from linear material and energy productivity flows by utilizing renewable energy sources, cyclical material flows, and cascading energy flows, thus contributing

to the environmental, economic, and social dimensions of sustainable development. However, the study criticizes the current concept of sustainable sustainability, primarily developed and led by practitioners such as policymakers and corporations, for its superficial and unstructured scientific basis. Current practices include product reuse, remanufacturing, recycling, remanufacturing, refurbishment, repair, serialization, modernization, and the use of renewable energy throughout the product value chain. The study identifies six critical challenges that must be addressed to truly contribute to global net sustainability: Thermodynamic limits, temporal and spatial system limits, limits imposed by the physical scale of the economy (including the rebound effect, Jevon's paradox, and the boomerang effect), dependency and lock-in, management and governance limits, and cultural and social definitions of waste. Despite the green economy's potential to attract the business community to sustainability initiatives and introduce new consumption practices such as the sharing economy, the study emphasizes the need for a critical scientific approach and further research to resolve these challenges and ensure that the green economy makes a meaningful contribution.

De Jesus et al. (2021) discuss that transitioning to a Circular Economy (CE) involves structural change driven by transformative eco-innovation (EI). Synthesizing 20 years of CE research through a “systematic review of systematic reviews, their research addresses the gap of understanding and explicitly defining the dynamics of eco-innovation (EI) within the Circular Economy (CE), offering a thorough framework for promoting circular innovation strategies and highlighting significant trends in recycling and recovery, systemic innovations, and business-model innovations. The authors aim to enhance the conceptual and practical understanding of how EI can effectively drive the transition to a sustainable CE, by proposing the advancement of "circular innovation studies" as a dedicated research agenda. The authors identify major trends in innovations related to business-model innovations, recycling and recovery strategies, and systemic or transformative innovations, connecting these trends to supply and demand side innovations, spurring innovations linked to product manufacturing, design, logistics, reverse logistics, and end-of-life management and recovery. Their paper notes that the conceptual understanding of EI dynamics within CE remains largely implicit, limiting the potential to advance knowledge in this area, arguing that addressing this limitation is crucial for progressing in innovation for CE, proposing a dedicated "circular innovation studies" agenda to explore and resolve these challenges.

McDowall et al. (2017) compare how China and Europe have adopted and implemented Circular Economy (CE) policies, highlighting that while both regions share a common conceptual basis focused on enhancing resource efficiency, their approaches differ significantly. Whereas Europe's CE focuses more on waste management and resource efficiency, emphasizing business opportunities; China's CE policies are broader, incorporating pollution control and resource efficiency to address environmental challenges from rapid industrialization. Their paper examines historical development, policy focus, and governance methods in both regions, noting Europe's decentralized, member-state-driven approach versus China's use of experimental zones and targeted responsibility systems. Regarding Circular Economy (CE) policies, the authors identify several lessons that China and Europe can learn from each other. For Europe, China's coordinated experimentation of specific zones and location-specific indicators serves as a model for amplifying successful initiatives and incorporating CE principles into land-use planning. For China, the insights gained from Europe's experience in managing consumption through eco-design, promoting product repairability, innovative business models, and compulsory product durability labeling are valuable. Moreover, Europe's more comprehensive indicators regarding CE, namely, patents in recycling technologies, could improve China's indicator systems. Furthermore, the shared indicators, standards, and mutual learning can be instrumental in improving both regions in areas like product design, recycling standards, and policy effectiveness, leveraging their trade flows to advance global CE practices.

Morseletto (2023) demonstrates that economies have always comprised a mix of circular and linear practices in varying proportions, highlighting the linear–circular contrast in the circular economy literature, by scrutinizing emblematic examples, dispelling misconceptions, enriching understanding of both frameworks, and identifying factors that influence an economy's tendency towards circularity or linearity, such as profit, scarcity, circumstances, and business opportunities. Moreover, the study scrutinizes forces that perpetuate the linear economy and its impacts and investigates why circularity is essential and the obstacles that favor a throwaway society, such as joblessness, overproduction, and fast consumption; proposing three pathways to promote circular solutions and dismantle linear economy drivers which are: ‘lessening,’ ‘sharing,’ and ‘valorizing’.

Potting et al. (2017) explored ways to measure progress in transitioning towards a circular economy in product chains, formulating a conceptual framework regarding innovation’s role and applying it to several cases. They reported that the Dutch Ministry of Infrastructure and the Environment

characterizes a circular economy as an economic system centered on the reusability of products and their constituents, materials' recycling, and natural resources' conservation while creating added value in every link of the system, aiming to promote the CE transition by improving the closing of product and material chains. Potting et al. reported that a product chain tracks products' lifecycle from resource extraction to waste treatment. Furthermore, recovering materials from discarded products is energy-intensive and often results in lower-quality recycled materials, used in products with lower quality requirements, and this extends the material chain beyond a single product. The goal of a circular economy is to recycle materials without quality loss, eliminating the need for new resources and waste.

Utilizing quarterly data during the period spanning from 1990 to 2017, and employing bootstrapping ARDL modeling, Razzaq et al. (2021) examine the impact of municipal solid waste (MSW) recycling on environmental quality and economic evolution in the United States. The results revealed that in the long run (short run), a 1% increase in MSW recycling contributes to a 0.317% (0.157%) increase in economic growth and a 0.209% (0.087%) reduction in carbon emissions. Furthermore, in the long run (short run) a 1% improvement in energy efficiency boosts economic evolution by 0.489% (0.281%) and decreases carbon emissions by 0.285% (0.197%). Moreover, in the long run, higher per capita income and population growth lead to increased emissions by 0.197% and 0.401%. Their findings highlight the significance of policy interventions in MSW recycling to enhance economic evolution and reduce carbon releases, being confirmed by a unidirectional causality running from MSW recycling to economic evolution, carbon releases, and energy efficiency. Many studies in the economic literature underscored the economic and environmental benefits of effective MSW management, especially through recycling and composting. For instance, Magazzino et al. (2020) found a bidirectional causality between GDP and MSW generation utilizing Granger causality and machine learning methods on Swiss data during the period spanning from 1990 to 2017, highlighting the importance of recycling and composting in reducing GHG emissions. Ayodele et al. (2018) revealed that recycling in Nigeria could save 89.99 tons (1046.43 GWh) of energy annually, and the electricity savings from recycling could power about 9.8 million people, generate economic benefits of 11.71 million USD (equivalent to about 16,562 jobs annually), and reduce GHG emissions by 307.364 tons CO₂eq.

Kristanto and Koven (2019) reported that composting generates 25,700 kg CO₂-eq/day, while controlled landfills generate 129,000 kg CO₂-eq/day in the best-case MSW management scenario in Indonesia. Liu et al. (2020) revealed that a 1% increase in recycling leads to a 0.4% job growth in the overall solid waste and recycling in Florida, USA, utilizing fixed effect regression during the period spanning from 2001 to 2022. Jiménez, Domínguez and Vega-Azamar (2018) revealed that recycled aggregate concrete could decrease annual CO₂-eq emissions by 22,343 tons, utilizing field and inventory data for life cycle assessment (LCA) in Yucatan and Mexico. Xin et al. (2020) found that sorting and recycling kitchen waste and recyclables, combined with incinerating the residue, could reduce emissions by 70.82% in Beijing and China. Highlighting the need for green development, Caiyi et al. (2022) examine the nexus between the growth of China's e-commerce industry and solid waste emissions, revealing existing of the Environmental Kuznets Curve (EKC) quadratic relationship in various regions of China. Moreover, they revealed that while e-commerce growth initially increases solid waste, it can eventually lead to reductions if managed properly. Furthermore, the results revealed that trade openness helps reduce emissions in central China, while FDI contributes to increasing solid waste emissions in central and western China; recommending developing a green industrial chain, optimizing delivery environments, and promoting recycling systems to mitigate the environmental impact of e-commerce.

In OECD countries, Shah et al. (2023) evaluated the impact of economic evolution, industrialization, and foreign direct investment (FDI) on municipal solid waste (MSW), and examined technology's role in managing waste, exploring how technology and industrialization mediate the effects of economic growth on waste generation during the period spanning from 2000 to 2020. The conclusions revealed that economic growth, industrialization, and FDI (with less significant impact) increase waste in OECD economies; with a crucial role of research and development in reducing waste generation. Moreover, the results revealed that the later stages of economic growth do not help reduce waste; suggesting that OECD countries need proper mechanisms and taxes to manage industrialization and economic activities to reduce waste, alongside leveraging technology for better waste management. Broadly, research shows that industrialization and technological advancements play significant roles in the of production solid waste and its environmental effects, with recycling and solid waste management, stimulating economic evolution and lowering carbon emissions.

3. Methodology

3.1. Model and Data Set

The primary intention of this study is to scrutinize the effects of municipal solid waste recycling on the growth of the Turkish economy. Utilizing the autoregressive distributed lag model for the period spanning from 2000Q1 to 2021Q4, it delves into the connection between recycling activities and Turkish economic growth within a circular economy framework, considering a CO2 productivity index (IND) reconstructed via Principal Component Analysis (PCA) based on three variables outlined in Table 1. Utilizing the ARDL method is expedient due to its flexibility in handling variables of mixed integration orders I(0) and I(1) even with small sample sizes, with error correction representation allowing for the identification of long-run equilibrium while capturing short-run dynamics within a single framework.

Table 1

PCA Index Construction

Variable	Unit	Source
production-based emissions	CO2 millions of tons	OECD
production-based productivity	CO2 GDP per unit of energy-related CO2 releases measured in US dollars per kilogram, 2015	OECD
production-based intensity	CO2 energy-related CO2 per capita in tons	OECD

To accomplish these goals, a model has been formulated utilizing quarterly data covering the period spanning from 2000Q1 to 2021Q4 (Miçooğulları & Moalla, 2023, Razzaq et al. 2021), as presented in Equation (1):

$$\ln GDP_t = \beta_0 + \beta_1 \ln RCY_t + \beta_2 \ln GFC_t + \beta_3 \ln LBR_t + \beta_4 \ln EC_t + IND + \varepsilon_t \quad (1)$$

In Equation (1), GDP refers to the gross domestic product, expressed as per capita GDP in constant 2015 US dollars; RCY indicates recycling, quantified by the annual amount of municipal solid waste collected and processed in kilotons; GFC refers to the capital component, indicated by gross fixed capital formation in constant 2015 US dollars; LBR signifies the labor component, measured by the labor force participation rate for individuals aged 15 and older; finally, EC stands for energy consumption from renewables, measured in terawatt-hours (TWh) equivalent. GDP, GFC and LBR are sourced from the World Bank-World Development Indicators (WDI); RCY

from the TURKSTAT-Municipal Waste Statistics database; and EF from the Our World in Data database. Each of these variables is measured in different units, necessitating a standardized unit to account for distributional differences. Adhering to the approach of prior literature, all variables (except for IND) have been log-transformed to facilitate interpretation and enable elasticity-based analysis (Ehrlich, 1996; Shahbaz et al., 2020). The IND variable was included in its linear form because of its nature which is a composite index reconstructed through PCA. The IND variable is dimensionless and already normalized, providing a consistent and interpretable measure of environmental efficiency. Moreover, its linear form allows its coefficient to reflect the absolute impact of a one-unit change in the index $\ln(\text{GDP})$, rather than a percentage-based elasticity. Any changes applied before or after the analysis should be carefully considered since PCA-derived components are susceptible to how the data is transformed. Furthermore, PCA is not scale-invariant, meaning that the units of measurement and the range of the original variables can significantly influence the results; indicating that applying transformations—such as logarithmic scaling—must be done cautiously to avoid distorting the relationships and variance structure captured by the principal components to ensure results remain valid and interpretable (Abegaz et al., 2018).

3.2. Constructing an Index Using Principal Component Analysis (PCA)

PCA is a commonly used statistical method for dimensionality reduction and data summarization. It transforms a set of variables that may be correlated into a set of linearly uncorrelated variables termed principal components, which capture the maximum variance in the data. To construct an index using PCA, the dataset should be standardized to warrant that each variable has a mean of zero and a standard deviation of one, as PCA is sensitive to the scales of the variables as shown in the following equation:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \mu_j}{\sigma_j} \quad (2)$$

where z_{ij} is the standardized value of variable j for observation i , x_{ij} is the original value, μ_j is the mean, and σ_j is the standard deviation. Then, to capture the relationships between the variables, the covariance matrix of the standardized variables C is calculated as

$$C = \frac{1}{n-1} Z^T Z \quad (3)$$

where Z is the matrix of standardized variables and n is the number of observations. Then, the eigenvalues and eigenvectors of the covariance matrix are calculated. The eigenvectors v represent the direction of each principal component while the eigenvalues λ denotes the amount of variance enlightened by each principal component as expressed in the following relationship:

$$Cv = \lambda v \quad (4)$$

By projecting the standardized data onto the eigenvectors, then:

$$P = ZV \quad (5)$$

where P and V denote the matrix of principal components and the matrix of eigenvectors respectively. By looking at the eigenvalues and choosing components that together account for a significant portion of the total variance, the principal components that explain most of the variance in the data could be selected. Moreover, by taking a weighted sum of the selected principal components, where the weights are scaled in proportion to the variance explained by each component, the index could be formed as follows:

$$\text{Index} = w_1 PC_1 + w_2 PC_2 + \dots + w_k PC_k \quad (6)$$

Where PC_i and w_i denote the selected principal components and the corresponding weights respectively. The resulting index simplifies the dataset while retaining its most critical information by capturing the essential information from the original variables. Utilizing PCA to construct an index is a robust and statistically sound method for summarizing complex datasets into a single informative measure; offering several advantages, including dimensionality reduction, de-noising, and improved interpretability (Everitt & Hothorn, 2006).

3.3. Unit Root and Cointegration Tests

In time series analysis, unit roots pose a considerable challenge, often impeding the accurate understanding of fluctuations and stationarity properties within a series. The statistical features of the series such as mean and variance can change over time when a time series implies non-stationarity, exhibiting a unit root and complicating the modeling and forecasting processes. Various unit root tests have been developed to address these challenges, among them the Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Phillips-Perron (PP) tests; which identify the stationary characteristics of time series datasets and determine whether differencing is required to achieve

stationarity. The ADF test builds on the original Dickey-Fuller test by addressing issues of autocorrelation in the error terms by including lagged differences of the dependent variable as additional regressors, allowing for a more accurate evaluation of the series' stationarity by ensuring that the residuals are white noise as presented in equation (7):

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad (7)$$

Where Δy_t is the first difference of the series, α is the intercept, βt represents the trend component, γy_{t-1} is the lagged level of the series, and $\sum_{i=1}^k \delta_i \Delta y_{t-i}$ includes lagged differences to capture autocorrelation. Conversely, the PP test builds on the ADF test by providing more flexible assumptions regarding error terms, and adjusting the test statistics to account for serial correlation and heteroskedasticity in the errors without adding lagged difference terms. This makes the PP test more robust in circumstances where error terms have weak interdependence and non-uniform distribution, as indicated in equation (8):

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \epsilon_t \quad (8)$$

However, both the ADF and PP tests have limitations as they overlook structural breaks that occur due to significant events such as economic crises, policy changes, or technological advancements, and can cause shifts in the underlying data generation process. Disregarding these breaks can lead to incorrect conclusions about the presence of unit roots, since the series may appear non-stationary because of the breaks rather than an inherent unit root. The Zivot-Andrews (ZA) unit root test, proposed by Zivot and Andrews (2002), has been employed in this study to overcome this limitation, since that it enables one intrinsic structural break in the time series, providing a more accurate analysis of stationarity in the presence of structural changes as defined by the following model:

$$\Delta y_t = \mu + \theta DU_t + \beta t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad (9)$$

Here, DU_t is a dummy variable representing the structural break, which equals 1 if t is greater than the break date and 0 otherwise. ZA test's null hypothesis posits the presence of a unit root in the variable, indicating non-stationarity, while the alternative hypothesis signifies that the

variable is stationary around a structural break. Incorporating the ZA test in this study guarantees a more reliable identification of stationarity properties despite structural breaks, thereby providing a thorough understanding of the time series data. After conducting the ZA test, the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) bounds testing approach developed by Pesaran and Shin (1999) and Pesaran et al. (2001) will be conducted to test the existence of a long-run relationship between variables, especially useful when variables are integrated of different orders, i.e., I(0), I(1), or a combination of both, but not I(2). The ARDL model can be specified as:

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \theta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=0}^q \psi_j \Delta X_{t-j} + \epsilon_t \quad (10)$$

where Δ denotes the first difference operator, Y_t is the dependent variable, X_{t-j} are the independent variables, α is the intercept, β is the trend component (if included), θ , ϕ_i , and ψ_j are the coefficients, and ϵ_t is the error term. The bounds testing procedure entails estimating the ARDL model using ordinary least squares (OLS) for the selected lag orders, conducting an F-test for the joint significance of the coefficients of the lagged level variables in order to test the null hypothesis $H_1: \theta \neq 0$ against the alternative hypothesis $H_1: \theta = 0$, and comparing the calculated F-statistic with the critical value bounds provided by Pesaran et al. (2001). an error correction model (ECM) is estimated to capture the short-run dynamics and speed of adjustment towards the long-run equilibrium, if a long-run relationship is established. It can be specified as:

$$\Delta Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=0}^q \psi_j \Delta X_{t-j} + \lambda ECM_{t-1} + \epsilon_t \quad (11)$$

where ECM_{t-1} is the error correction term derived from the long-run nexus.

4. Findings and Discussion

4.1. Results of the Zivot-Andrews Unit Root Tests

To locate the structural breaks within the series, the Zivot-Andrews (Z-A) unit root test has been applied.

Table 2

Consequences of Zivot-Andrews Unit Root Test

Variables	Level		First Difference		
	Model: Constant		Model: Constant		
	t- statis.(Prop.)	Break Period	t-statis. (Prop.)	Break Period	Decision
lnGDP	-3.181 (0.576)	2009Q1	-6.870 (<0.01)	2007Q1	I(1)
lnRCY	-4.501 (0.043)	2004Q1	-6.830 (<0.01)	2002Q1	I(1)
lnGFC	-5.584 (< 0.01)	2009Q1	-6.988 (<0.01)	2001Q1	I(0)
lnLBR	-2.781 (0.796)	2008Q4	-4.881 (<0.01)	2003Q2	I(1)
lnEC	-5.611 (< 0.01)	2008Q4	-8.201 (< 0.01)	2006Q1	I(0)
IND	-1.651 (0.99)	2015Q1	-6.760 (<0.01)	2017Q1	I(1)

Note. I(0) denotes stationarity at the level, while I(1) denotes stationarity at the first difference.

In Table (2), The Zivot-Andrews Unit Root Test conclusions reveal the stationarity characteristics of the selected variables, considering structural breaks. The GDP (lnGDP), recycling (lnRCY), labor force participation rate (lnLBR), and CO2 productivity index (IND) are non-stationary at their levels but become stationary after first differencing. Specifically, lnGDP and lnRCY show structural breaks in 2009Q1 and 2004Q1, respectively, at their levels, and in 2007Q1 and 2002Q1, respectively, at their first differences. lnLBR and IND also become stationary after first differencing, with structural breaks in 2008Q4 and 2015Q1, respectively, at their levels, and in 2003Q2 and 2017Q1, respectively, at their first differences. Conversely, the natural logarithms of gross fixed capital formation (lnGFC) and energy consumption (lnEC) are stationary at their levels, with structural breaks in 2009Q1 and 2008Q4, respectively, indicating they are I(0) variables.

4.2. ARDL Long-Term and Short-Term Estimates

The bounds test for the ARDL model, which is suitable for variables integrated at either I(0) or I(1) order (Pesaran et al., 2001), was employed to investigate the potential long-term relationships among the analyzed variables. Based on the Akaike Information Criterion, the optimal lag length is 8 (AIC: -28.97280), and the model's optimal lag selection is (8,6,8,1,8,8). Table (3) shows the results of the bounds test, indicating that the F-statistic exceeds critical values at all levels, suggesting a long-term cointegration of the variables.

Table 3

Bounds Test Results

F-stat	10%level I(0)- I(1)	5%level I(0)- I(1)	1%level I(0)- I(1)
29.032	2.303-3.154	2.550- 3.606	3.351-4.587

Note. I(0) denotes stationary bounds, whereas I(1) denotes non-stationary bounds.

It is essential to evaluate the results of the diagnostic tests, before examining the short- and long-term coefficients. With a probability value of 0.4049, the Serial Correlation LM test yielded an F-statistic of 0.71, indicating no serial correlation and thus confirming the independence of error terms over subsequent periods. Moreover, with a probability value of 0.897, the heteroskedasticity test produced an F-statistic of 0.017, suggesting that the model does not exhibit significant heteroskedasticity. Additionally, the model remains stable over the specified period, confirmed by the CUSUM and CUSUMSQ graphs (Figure 2).

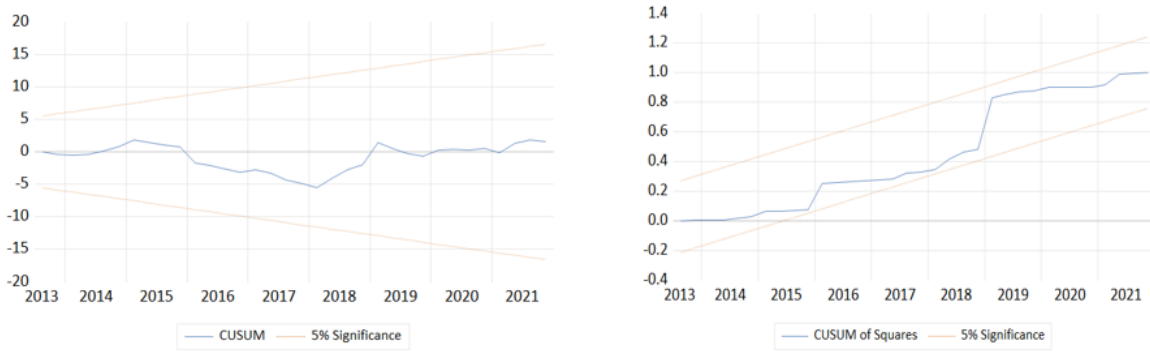


Figure 2. CUSUM and CUSUMsq Results

Identifying the cointegration nexus between the variables enables the analysis of the predicted long-term and short-term elasticities.

Table 4

Long-Term and Short-Term ARDL Cointegration Results

Dependent Variable: GDP, Model: ARDL (8,6,8,1,8,8)			
Variable	Coefficient	t-statistics	Prop.
Long Run			
RCY	-0.065	-7.695	0.0000
GFC	0.025	4.420	0.0001
LBR	0.109	7.204	0.0000
EC	-0.003	-3.436	0.0015

IND	0.039	8.188	0.0000
Short Run			
Constant	0.874	4.546	0.0001
ΔGDP(-1)	-0.027	-0.438	0.6641
ΔRCY	-0.131	-6.692	0.0000
ΔGFC	0.294	37.320	0.0000
ΔLBR	0.579	16.150	0.0000
ΔEC	-0.001	-4.005	0.0003
ΔIND	0.036	8.242	0.0000
ECM(-1)	-0.047	-15.429	0.0000

The conclusions of the long-term and short-term predictions are presented in Table (4). The outcomes revealed that recycling (RCY) negatively affects GDP with an elasticity of -0.065. Gross fixed capital formation (GFC) and labor (LBR) have a significant positive influence on GDP. Energy consumption (EC) has a small negative impact, while CO₂ productivity significantly boosts GDP with an elasticity of 0.039. In the short run, recycling (Δ RCY), gross fixed capital formation (Δ GFC), labor (Δ LBR), energy consumption (Δ EC), and CO₂ productivity (Δ IND) all significantly impact GDP. The error correction term (ECM) shows a significant negative adjustment coefficient, indicating a rapid adjustment to long-run equilibrium. The negative nexus between recycling and economic evolution can be attributed to the fact that economic growth metrics can be burdened by the considerable initial investments in infrastructure, technology, and public education for recycling programs. GDP growth can initially decline due to the costs associated with establishing facilities, the logistics of collecting and processing recyclables, and implementing changes in production processes. When infrastructure is not optimized, the process of recycling can sometimes be less efficient than traditional waste disposal methods, which can lead to higher operational costs and lower economic returns. Genc et al. (2019) estimated the recycling cost of plastic waste using data from a recycling center that processed approximately 695 tons of plastic waste, revealing that the unit cost of recycling was calculated at US\$0.40 per kg, compared to a predicted cost of US\$0.25 per kg if municipalities segregated all plastic waste.

Moreover, the strict environmental regulations promoting recycling often lead to higher operational costs for businesses, requiring further investments in cleaner technologies and processes, which can temporarily impact economic growth. Another reason may be that the municipalities often face financial and logistical challenges in establishing effective waste management systems. Moreover, recycling program effectiveness often depends on the collaboration between public and private sectors, and without proper coordination or investment

from either party, the economic benefits of recycling can be diminished. (Bayram et al., 2019) reported that there are several challenges in Turkiye's waste management system, including insufficient legislative frameworks, inadequate infrastructure, and the need for better waste management practices and facilities.

As of 2002, merely 12 of 3140 municipalities possessed proper waste disposal facilities, including 12 regular storage and 4 composting facilities, revealing a notable infrastructure gap. Turkiye's traditional waste disposal method has been historically conducted through open dumping, creating critical health, safety, and environmental issues. A considerable amount of domestic solid waste is stored uncontrollably, leading to pollution of forests, creek beds, and seashores, causing groundwater and air pollution. The first regulations on solid waste management were introduced in 1930, but it wasn't until 1991 with the Solid Waste Control Regulation that comprehensive rules were established. Despite these regulations, enforcement and implementation remain weak, coupled with an ineffective legislative system, fail to provide local governments with the essential legal, administrative, and technical support needed for local governments to successfully implement waste management projects. The legislative frameworks need to be aligned with European Union standards, demanding more rigorous and comprehensive waste management practices. Rapid population growth, industrialization, urbanization, and changing consumption habits have significantly increased the amount of waste generated, necessitating improved recycling facilities to manage various types of waste effectively.

5. Conclusions and Remarks

This paper has scrutinized the influence of solid waste recycling on economic evolution within the circular economy perspective of the Turkish economy, considering the CO₂ productivity index reconstructed using the PCA method (Principal Component Analysis) utilizing three different variables from 2000Q1 to 2021Q4. The outcomes revealed a negative nexus between the recycling and the economic evolution. To enhance the economic benefits of recycling, policymakers should invest in efficient recycling infrastructure by modernizing facilities and optimizing collection and transportation logistics. Financial backing through subsidies, grants, and tax incentives can help offset initial setup costs and stimulate investment in recycling technologies. Indorsing public-private partnerships by fostering collaboration and clearly defining roles can harness resources and expertise for effective program implementation. The regulatory framework

should be strengthened with balanced regulations and compliance support to lessen the financial burden on businesses. Increasing demand for recycled products and developing the market can be achieved through public procurement policies, consumer awareness campaigns, and quality standards, along with addressing market volatility with price stabilization mechanisms and market diversification. Furthermore, for informed policy decisions, comprehensive data collection systems and regular reporting should be developed. Moreover, to raise awareness and participation in recycling, public education campaigns and behavioral incentives should be implemented, along with supporting research and development through innovation grants and pilot projects.

Declaration of Research and Publication Ethics

This study which does not require ethics committee approval and/or legal/specific permission complies with the research and publication ethics.

Researcher's Contribution Rate Statement

Since the author is the sole author of the article, the contribution rate is 100%.

Declaration of Researcher's Conflict of Interest

There are no potential conflicts of interest in this study.

References

- Abegaz, F., Chaichoompu, K., Génin, E., Fardo, D. W., König, I. R., Mahachie John, J. M., & Van Steen, K. (2018). Principals about principal components in statistical genetics. *Briefings in Bioinformatics*, 20(6), 2200–2216. <https://doi.org/10.1093/bib/bby081>
- Arora, A., Arora, A. S., Sivakumar, K., & Burke, G. (2020). Strategic sustainable purchasing, environmental collaboration, and organizational sustainability performance: the moderating role of supply base size. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(6), 709–728. doi: 10.1108/SCM-07-2019-0284
- Ayodele, T. R., Alao, M. A., & Ogunjuyigbe, A. S. O. (2018). Recyclable resources from municipal solid waste: Assessment of its energy, economic and environmental benefits in Nigeria. *Resources, Conservation and Recycling*, 134, 165–173. doi: 10.1016/j.resconrec.2018.03.017
- Bayram, T., Argun, Y. A., & Tırınk, S. (2019). An Evaluation of Solid Waste Management in Turkey. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 7–8. <https://doi.org/10.34248/bsengineering.561447>
- Caiyi, L., Xiaoyong, L., & Zhenyu, L. (2022). The nexus between e-commerce growth and solid-waste emissions in china: Open the pathway of green development of e-commerce. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.963264>.
- De Jesus, A., Antunes, P., Santos, R., & Mendonça, S. (2018). Eco-innovation in the transition to a circular economy: An analytical literature review. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2999–3018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.111>.
- De Jesus, A., Lammi, M., Domenech, T., Vanhuyse, F., & Mendonça, S. (2021). Eco-Innovation Diversity in a Circular Economy: Towards Circular Innovation Studies. *Sustainability*, 13(19), 10974. <https://doi.org/10.3390/su131910974>
- Ferronato, N., Rada, E. C., Gorrity Portillo, M. A., Cioca, L. I., Ragazzi, M., & Torretta, V. (2019). Introduction of the circular economy within developing regions: A comparative analysis of advantages and opportunities for waste valorization. *Journal of Environmental Management*, 230, 366–378. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.095>
- Ehrlich, I. (1996). Crime, Punishment, and the Market for Offenses. *Journal of Economic Perspectives*, 10(1), 43–67. <https://doi.org/10.1257/jep.10.1.43>
- Everitt, B. S., & Hothorn, T. (2006). *Handbook of Statistical Analyses Using R*. Taylor & Francis Group.

- Gardiner, R., & Hajek, P. (2020). Municipal waste generation, R&D intensity, and economic growth nexus – A case of EU regions. *Waste Management*, 114, 124–135. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.06.038>.
- Genc, A., Zeydan, O., & Sarac, S. (2019). Cost analysis of plastic solid waste recycling in an urban district in Turkey. *Waste Management & Research*, 37(9), 906–913. <https://doi.org/10.1177/0734242x19858665>
- Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). What a waste: A global review of solid waste management. Urban Development Series; *Knowledge Papers* no. 15. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>
- Jiménez, L. F., Domínguez, J. A., & Vega-Azamar, R. E. (2018). Carbon Footprint of Recycled Aggregate Concrete. *Advances in Civil Engineering*, 2018, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2018/7949741>
- Karadaş, H. A., & Işık, H. B. (2019). Green Growth in Turkey: A Statistical Comparison with OECD Indicators. *Fiscaeconomia*, 3(1), 268-317. <https://doi.org/10.25295/fsecon.2019.01.012>
- Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Kristanto, G. A., & Koven, W. (2019). Estimating greenhouse gas emissions from municipal solid waste management in Depok, Indonesia. *City and Environment Interactions*, 4, 100027. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2020.100027>
- Kuvvetli Yavaş, H. (2023). Ekonomide bir paradigma değişimi olarak döngüsel ekonomi. Ü. Bulut Karaca (Ed.) *Türkiye’de sıfır atık: Tespitler, beklentiler ve fırsatlar* (6-34). İstanbul: Arel Üniversitesi Yayınları.
- Liu, Y., Park, S., Yi, H., & Feiock, R. (2020). Evaluating the employment impact of recycling performance in Florida. *Waste Management*, 101, 283–290. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.025>
- Magazzino, C., Mele, M., & Schneider, N. (2020). The relationship between municipal solid waste and greenhouse gas emissions: Evidence from Switzerland. *Waste Management*, 113, 508–520. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.05.033>
- McDowall, W., Geng, Y., Huang, B., Barteková, E., Bleischwitz, R., Türkeli, S., Kemp, R., & Doménech, T. (2017). Circular Economy Policies in China and Europe. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 651–661. <https://doi.org/10.1111/jiec.12597>

- Miçoğulları, S. A., & Moalla, M. (2023). Circular Economy, Solid Waste Recovery, and Growth: An Empirical Analysis for Sustainable Development in the 100th Anniversary of the Republic. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 22(Cumhuriyet'in 100. Yılı), 373–385. <https://doi.org/10.21547/jss.1354297>
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., de Meester, S., & Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 452–461. [doi: 10.1016/j.resconrec.2019.03.045](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045)
- Morseletto, P. (2023). Sometimes linear, sometimes circular: States of the economy and transitions to the future. *Journal of Cleaner Production*, 390, 136138. [doi: 10.1016/j.jclepro.2023.136138](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136138)
- Shin, Y., & Pesaran, M. H. (1999). An Autoregressive Distributed Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis. In S. Strom (Ed.), *Econometrics and Economic Theory in the 20th century: The Ragnar Frish Centennial Symposium* (pp. 371-413). Cambridge University Press.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326. [doi: 10.1002/jae.616](https://doi.org/10.1002/jae.616).
- Philippidis, G., Sartori, M., Ferrari, E., & M'Barek, R. (2019). Waste not, want not: A bio-economic impact assessment of household food waste reductions in the EU. *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 514–522. [doi: 10.1016/j.resconrec.2019.04.016](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.04.016).
- Potting, J., Hekkert, M. P., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). Circular economy: Measuring innovation in the product chain. *Planbureau voor de Leefomgeving*, (2544).
- Razzaq, A., Sharif, A., Najmi, A., Tseng, M.-L., & Lim, M. K. (2021). Dynamic and causality interrelationships from municipal solid waste recycling to economic growth, carbon emissions and energy efficiency using a novel bootstrapping autoregressive distributed lag. *Resources, Conservation and Recycling*, 166, 105372. [doi: 10.1016/j.resconrec.2020.105372](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105372)
- Shah, W. U. H., Yasmeen, R., Sarfraz, M., & Ivascu, L. (2023). The Repercussions of Economic Growth, Industrialization, Foreign Direct Investment, and Technology on Municipal Solid Waste: Evidence from OECD Economies. *Sustainability*, 15(1), 836. [doi: 10.3390/su15010836](https://doi.org/10.3390/su15010836)
- Shahbaz, M., Raghutla, C., Song, M., Zameer, H., & Jiao, Z. (2020). Public-private partnerships investment in energy as new determinant of CO2 emissions: The role of technological innovations in China. *Energy Economics*, 86, 104664. [doi: 10.1016/j.eneco.2020.104664](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104664)
- TÜİK. (2020). Waste Statistics. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2020-37198>

-
- World Bank. (2022). *Global Economic Prospects, January 2022*. World Bank Publications.
- Xin, C., Zhang, T., Tsai, S.-B., Zhai, Y.-M., & Wang, J. (2020). An Empirical Study on Greenhouse Gas Emission Calculations Under Different Municipal Solid Waste Management Strategies. *Applied Sciences*, 10(5), 1673. [doi: 10.3390/app10051673](https://doi.org/10.3390/app10051673)
- Zivot, E., & Andrews, D. W. K. (2002). Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(1), 25–44. [doi: 10.1198/073500102753410372](https://doi.org/10.1198/073500102753410372).





Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 91-123, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>


Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 23.09.2024 Accepted / Kabul: 17.12.2024

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1554864>

Bibliometric Analysis of Green Finance Research Using Science Mapping Technique

Havva KOÇ^a

^a Phd, Istanbul Okan University, Graduate School, Business Administration, İstanbul, TURKIYE 
<https://orcid.org/0000-0002-0906-1438>

Abstract

The increasing importance of green finance in the global financial system has led to a surge in related research. However, a comprehensive bibliometric analysis of the green finance literature remains limited. This study aims to analyze the structure of green finance research using VOSviewer. The motivations behind this study include identifying the main themes and trends in green finance research, profiling the leading authors, institutions, and countries contributing to the field, and understanding the relationships between different research clusters within green finance.

A total of 617 publications from 2009 to 2024 were analyzed. The bibliometric analysis results reveal prominent themes and trends in the green finance literature. Additionally, examining the most cited authors, influential institutions, and geographical distribution helps identify key stakeholders in this field. The findings indicate that publications in "Green Finance" are limited, reflecting its status as an emerging area of research. However, as environmental issues escalate, academic interest in this field is expected to grow. This study provides a solid foundation for future green finance research.

Keywords

Green Finance,
Green Investment,
Green Economy

JEL Classification

G10, G15, Q56

Contact Havva KOÇ ✉ hvvakoc@gmail.com 📧 Istanbul Okan University, Graduate School, Business Management, İstanbul, TURKIYE

Citation Koç, H. (2025). Bibliometric analysis of green finance research using science mapping technique. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 91-123.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Yeşil Finans Araştırmalarının Bilim Haritalama Teknikleriyle Bibliyometrik Analizi

Öz

Küresel finansal sistemde yeşil finansın artan önemi, bu alandaki araştırmaların çoğalmasına yol açmıştır. Ancak, yeşil finans literatürünün kapsamlı bir bibliyometrik analizi henüz yeterince yapılmamıştır. Bu çalışma, yeşil finans araştırmalarının yapısını VOSviewer kullanarak incelemeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmaya yön veren motivasyonlar arasında yeşil finans araştırmalarındaki ana temaların ve eğilimlerin belirlenmesi, bu alana katkıda bulunan önde gelen yazarların, kurumların ve ülkelerin profilinin çıkarılması ve yeşil finanstaki farklı araştırma kümeleri arasındaki ilişkilerin anlaşılması yer almaktadır.

2009'dan 2024'e kadar toplam 617 yayın incelenmiştir. Bibliyometrik analiz sonuçları, yeşil finans literatüründe belirli temaların ve trendlerin öne çıktığını göstermektedir. Ayrıca, en çok atıf alan yazarlar, etkili kurumlar ve coğrafi dağılımın incelenmesi, bu alandaki önemli paydaşların belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Sonuçlar, "Yeşil Finans" alanında yapılan yayınların sınırlı sayıda olduğunu ve bu alanın yeni gelişmekte olduğunu göstermektedir. Ancak, çevresel sorunların artmasıyla bu alandaki akademik ilginin de artacağı öngörülmektedir. Bu çalışma, yeşil finans araştırmalarının derinlemesine anlaşılmasına ve gelecekteki araştırmalar için sağlam bir temel oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Yeşil Finans,
Yeşil Yatırımlar,
Yeşil Ekonomi

JEL Kodu

G10, G15, Q56

1. Introduction

Green finance has gained substantial importance in recent years as the world faces increasing environmental challenges and the need for sustainable development. It represents a critical approach to channeling financial resources into projects and policies that contribute to environmental sustainability, such as renewable energy, energy efficiency, and climate change mitigation. As the field evolves, understanding the structure and dynamics of green finance research is essential for identifying current trends, key contributors, and emerging opportunities. This study uses bibliometric analysis from the Web of Science to map the green finance literature and provides a comprehensive overview of its thematic development, key authors, institutions, and geographical distribution. Through this analysis, the study aims to uncover insights that can guide future research and foster collaborations to promote sustainable financial practices globally.

Research Problem: The specific topic addressed by the study: In recent years, green finance has received significant attention due to its potential to address environmental challenges through sustainable financial practices. The research problem in this study is to examine the general structure of green finance research using bibliometric analysis, identifying key themes, trends, and the relationships between different research clusters.

Objectives: Goals and research questions: The main objectives of this study are to explore the primary themes and trends in green finance research, identify leading authors,

institutions, and countries in the field, and understand the relationships between various research clusters. Specifically, the research questions are:

What are the main themes and trends in green finance research?

Who are the leading authors contributing to this field, and what are the institutions and countries involved?

How are different clusters of research in green finance related?

Significance, Contribution to literature and practice: This study contributes to the literature by providing a comprehensive overview of the green finance research landscape. By identifying major themes and trends, it helps researchers and practitioners understand the current priorities in green finance and suggests potential areas for future research. The bibliometric analysis also identifies leading authors, institutions, and countries, thus fostering potential collaborations and joint research efforts. Moreover, by examining the relationships between research clusters, the study highlights the importance of multidisciplinary approaches in addressing green finance challenges, offering a more holistic understanding of the field.

Limitations, Scope and constraints: This study is limited to the literature available in the Web of Science database. The analysis was conducted on data obtained from Web of Science as of July 1, 2024, using VOSviewer for bibliometric visualization. Additionally, the analysis is restricted to research within the fields of Business, Management, Economics, and Business Finance, narrowing the scope to these specific areas. As such, the study may not represent the full breadth of research on green finance, and its findings should not be generalized beyond the included databases or fields.

In conclusion, this study provides a comprehensive and in-depth bibliometric analysis of green finance research based on data obtained from the Web of Science database. It makes significant contributions to the field by mapping the thematic development, key authors, institutions, and geographical distribution of green finance research. This study lays a solid foundation for future studies by highlighting emerging trends, key research clusters, and opportunities for collaboration.

2. Conceptual Framework

Green finance refers to financial practices that seek solutions to environmental problems such as environmental sustainability and climate change. In academic literature, the term “green finance” generally covers financial products, investments, policies, and strategies that aim to

reduce environmental impacts or promote positive environmental outcomes. Green finance includes tools and mechanisms that will help the financial system achieve environmental sustainability goals (Lee & Lee, 2022:3)

Key elements of green finance include integrating environmental risks and opportunities into financial decision-making processes, financing green projects and technologies, measuring and reporting environmental performance, and developing green financial products and services. Green bonds, green loans, investment funds in the context of sustainability and environmental risk assessment tools are prominent applications in this context. Low interest rates, low bank charges, donations to environmental organizations, etc. In these ways, customers are encouraged to use “green” financial products. Green financing is now seen as one of the important pillars of sustainable global development (He et al., 2019: 974)

Research in this field generally aims to understand the relationships between financial performance and environmental impact and contributes to financial institutions developing sustainability-oriented strategies. This study aims to better understand the current situation in the green finance literature and determine future research directions through a bibliometric analysis using VOSviewer software. In this context, answers were sought to the following questions:

- *Who are the most cited authors and studies in the field of green finance?*
- *Which institutions are the most effective in this field?*
- *What are the key themes and trends in the literature?*
- *What is the geographical distribution of green finance research?*

The importance of this study is to provide a comprehensive mapping of the green finance literature, helping researchers and policymakers better understand the knowledge gaps and future research opportunities in this field. In addition, this study contributes to making academic and applied studies in the field more focused and effective by revealing the evolution of research in the field of green finance over time and the building blocks of the existing literature.

In the literature summary below, summaries of the works of the top five most cited authors are presented in a comprehensive and detailed manner. Clear information about the subjects, methodologies and findings of the research is given, and the important points of each study are conveyed. An overview of the studies' context and how they contribute to relevant literature is also provided.

Table 1

Literature Review of the Most Cited Authors and Publications on Web of Science (Top 20)

Authors	Publication Year	Total Citations	Average per Year
Sharfman, M. P., & Fernando, C. S.	2008	792	46.59
Flammer, C.	2021	613	36.06
Zerbib, O.D	2019	524	87.33
Lee, C. C., & Lee, C. C.	2022	510	170
Yu, C. H., Wu, X., Zhang, D., Chen, S., & Zhao, J.	2021	491	122.75
Zhang, D., Mohsin, M., Rasheed, A. K., Chang, Y., & Taghizadeh-Hesary, F.	2021	451	112.75
Taghizadeh-Hesary, F., & Yoshino, N.	2019	379	63.17
Meo, M. S., & Abd Karim, M. Z.	2022	319	106.33
Irfan, M., Razzaq, A., Sharif, A., & Yang, X.	2022	316	105.33
Zhou, G., Zhu, J., & Luo, S.	2022	298	99.33
Nguyen, T. T. H., Naeem, M. A., Balli, F., Balli, H. O., & Vo, X. V.	2021	277	69.25
Lv, C., Bian, B., Lee, C. C., & He, Z.	2021	255	63.75
Tiwari, A. K., Abakah, E. J. A., Gabauer, D., & Dwumfour, R. A.	2022	243	81
Le, T. L., Abakah, E. J. A., & Tiwari, A. K.	2021	234	58.5
Lee, C. C., Lee, C. C., & Li, Y. Y.	2021	218	54.5
Banga, J.	2019	216	36
Madaleno, M., Dogan, E., & Taskin, D.	2022	221	70.33
Dikau, S., & Volz, U.	2021	201	50.25
Reboredo, J. C., Ugolini, A., & Aiube, F. A. L.	2020	194	38.8
Broadstock, D. C., & Cheng, L. T.	2019	191	31.83

Note. The table was created by the author on 01.07.2024 with information obtained from the Web of Science database.

Sharfman & Fernando (2008), in their study on 267 U.S. firms examining the financial impacts of environmental risk management, found that improved environmental risk management reduces the cost of capital. The study demonstrates that firms prefer debt financing over equity financing due to environmental risk management, which provides benefits such as lower capital costs and tax advantages. Furthermore, it highlights that environmental strategies directly influence firms' cost structures and financing decisions, offering a new perspective on the relationship between environmental and economic performance.

Flammer (2021) examined green bonds issued by companies to finance environmentally friendly projects. The study found that green bonds have become increasingly common, particularly in sectors where environmental considerations hold financial significance. Findings

reveal that green bond issuances are well-received by investors, with stronger effects observed for first-time issuers and third-party-certified bonds. Additionally, firms issuing green bonds demonstrated improved environmental performance, such as higher environmental scores and lower CO₂ emissions, alongside increased ownership by long-term, environmentally conscious investors. The results align with signaling theory, suggesting that green bonds effectively convey firms' credible environmental commitments.

Zerbib (2019) analyzed the impact of environmental preferences on bond prices through green bonds, focusing on the yield differential between green and conventional bonds from July 2013 to December 2017. Using a matching method and a two-step regression approach, the study found a small negative premium (-2 basis points) for green bonds, indicating slightly lower yields compared to conventional bonds. This negative premium was more pronounced in the financial sector and for lower-rated bonds. The findings suggest that while the effect of environmental preferences on bond pricing is modest, it does not deter the expansion of the green bond market.

Lee & Lee (2022), investigate the role of green finance in enhancing green total factor productivity (GTFP) in China. Their study addresses a gap in the literature by examining the interrelationship between economic, resource, and environmental developments within the green economy. To achieve this, they developed a comprehensive green finance development index and assessed GTFP by considering both energy and environmental constraints. Using a balanced panel dataset from 30 Chinese provinces spanning 2006 to 2018, they evaluated the relationship between green finance development and GTFP using the super-SBM model. The results revealed that advancements in green finance significantly contribute to higher levels of green productivity. Furthermore, the study found that regions with more favorable economic and social conditions and higher pollution levels saw a greater positive impact from green finance.

Yu et al. (2021), explore how financial constraints influence green innovation and the ways green finance policies help alleviate these constraints. The analysis, based on data from Chinese firms between 2001 and 2017, revealed that enterprises with greater financial limitations exhibited reduced capacities for green innovation. Privately-owned enterprises (POEs) were found to be more vulnerable than state-owned enterprises (SOEs) in this regard. The study suggests that although green finance policies help mitigate these challenges, green loans are less accessible to POEs. The authors recommend government support for POEs in green investments and improved information sharing between financial institutions and private-

sector enterprises. They also propose the development of a comprehensive green performance evaluation system by the China Banking Regulatory Commission.

Zhang et al. (2021), examine the effects of public expenditure on research and development (R&D), green economic growth, and energy efficiency in countries participating in the Belt and Road Initiative (BRI) from 2008 to 2018. Using panel data analysis and the GMM method, the authors demonstrate that public spending positively influences green economic growth and energy efficiency, with varying effects across countries. The study highlights that these positive effects are more pronounced in nations with higher GDP, and that investing public funds in human capital and green energy R&D is vital for fostering a sustainable green economy. Furthermore, a positive correlation was found between R&D expenditures, energy consumption, and carbon emissions.

Taghizadeh-Hesary & Yoshino (2019), contribute to the green finance literature by proposing two frameworks aimed at increasing private sector involvement in green finance and investment. The first framework focuses on minimizing the risk of green finance and enhancing the returns on green energy projects by utilizing green credit guarantee schemes (GCGSs) and returning tax revenue from the spillover effects of green energy supply to investors. The second framework integrates distributed ledger technologies (DLTs) into existing financial structures to encourage small-scale green project investments through increased transparency. The findings suggest that these frameworks can boost investor confidence and improve decision-making processes, especially by highlighting projects with a high likelihood of success and strong credit scores.

Meo & Abd Karim (2022) examined the impact of green finance on carbon dioxide (CO₂) emissions in the top ten economies supporting green finance (e.g., Canada, Denmark, Japan, the UK, and the US). Using Quantile-on-Quantile Regression (QQR), the study analyzed the dependency structure between green finance and CO₂ emissions across different quantiles. The findings confirmed a negative impact of green finance on CO₂ emissions, with variations across quantiles influenced by market conditions and country-specific factors. The study highlights green finance as an effective strategy for reducing CO₂ emissions.

Irfan et al. (2022) examine the mechanisms by which inclusive green finance contributes to green innovation in China, using regional data from 2010 to 2019. The study employed mediation effects and panel vector autoregression models to empirically test these relationships. The findings reveal that green finance significantly supports green innovation across various predictors. Policy intervention effects show that green financial innovation and reform pilot

regions more effectively promote green innovation and sustainable performance compared to other regions. Mediation analysis indicates that industrial structure, economic growth, and R&D investments are key channels through which green finance influences green innovation. The study underscores the importance of supporting green finance to foster green innovation and recommends that regional governments develop policies to enhance industrial structures and allocate R&D resources toward green products.

Zhou et al. (2022) investigated the impact of fintech innovations and green finance on green growth in China. Using provincial panel data from 2011 to 2018, the study assessed the effects of fintech development and green finance on green economic growth. The findings revealed that fintech and green finance significantly promote green economic growth, with a stronger impact observed in eastern China compared to central and western regions. The research further demonstrated that fintech innovation fosters green economic growth through green credit and investments. These results highlight the potential of enhancing green finance development to drive sustainable economic growth.

Nguyen et al. (2021) investigated the dynamic nature of the relationships between green bonds and other asset classes—such as stocks, commodities, clean energy, and conventional bonds—over time and at different frequency levels from 2008 to 2019. The study employed the rolling window wavelet correlation method to analyze the temporal and frequency-dependent variations in these correlations. The findings revealed that correlations peaked following the 2007–2009 Global Financial Crisis. While stocks, commodities, and clean energy exhibited high co-movement, green bonds demonstrated low or negative correlations with stocks and commodities, highlighting their diversification benefits.

Lv et al. (2021) examined the regional disparities in the development of green finance in China. Their analysis, based on data from 2010 to 2019, revealed that while the overall level of green finance development has increased, it remains relatively low. The study also found that regional differences have decreased, though these disparities were largely driven by intra-regional inequalities. The research highlighted a trend of polarization in green finance development between Eastern, Central, Western, and Northeastern China, with these differences showing signs of convergence over time.

Tiwari et al. (2022) examined the transformation relationships between green bonds, renewable energy stocks, and carbon prices during the COVID-19 pandemic. Using daily data from 2015 to 2020 and applying the TVP-VAR approach, the research investigated the dynamic interconnectedness between these assets. The study found that clean energy stocks transmitted

shocks, while green bonds and wind energy stocks absorbed these shocks. Furthermore, tests using various portfolio techniques revealed that diversified portfolios helped reduce risk, with the minimum connected portfolio achieving the highest Sharpe ratio. Similar interconnectedness structures were observed during the pandemic period as well.

Le et al. (2021) examined the volatility connectedness between fintech, green bonds, and cryptocurrencies. Using daily data from 2018 to 2020 and applying the methods of Diebold & Yilmaz (2012) and Baruník et al. (2017), the study found a high degree of interconnectedness between fintech and traditional assets. It identified that assets like Bitcoin transmitted shocks, while green bonds absorbed them. Additionally, the study revealed that short-term trading carried higher risk, while assets such as gold, oil, and green bonds provided effective hedging.

Lee et al. (2021) examined the relationships between oil prices, geopolitical risks, and the green bond index. Using a quantile analysis method based on the Granger causality test, the study found bidirectional effects of geopolitical risks on oil prices at extreme quantile levels, and of oil prices on the green bond index at lower quantile levels. Additionally, the impact of geopolitical risks on green bonds was more pronounced at lower quantile levels. These findings provide valuable insights for policymakers to implement effective measures.

Banga (2019) examined the potential of green bonds to finance climate change in developing countries. The study found that while this market has grown in developed countries, its full potential has not been realized in developing nations due to various barriers. These barriers include the lack of institutional regulations, high transaction costs, and minimum issuance sizes. The study suggests that to develop the green bond market in emerging economies, national development banks should act as intermediaries, and local governments should provide guarantees to cover transaction costs.

Madaleno et al. (2022) examined the causal relationships between green finance, clean energy, environmental responsibility, and green technology. Using a time-varying causality test, the analysis revealed that these relationships weakened during the COVID-19 period. It was found that clean energy influences green finance, but the reverse effect of green finance on clean energy is weaker. The study emphasizes the need to support environmental responsibility and green finance through investments in green technology.

Dikau & Volz (2021) examined the role of central banks in addressing climate-related risks and supporting sustainability policies. Their analysis of 135 central banks revealed that only 12% explicitly have sustainability mandates, while 40% have a responsibility to support

government sustainability goals. The study emphasizes that climate risks can directly affect the traditional functions of central banks and argues that all banks should integrate these risks into their policies.

Reboredo et al. (2020) investigated the network connections between green bonds and different asset classes. The study used wavelet coherence to analyze the dynamic correlations between green bond and asset class price changes and determined network connectivity based on the error variance decomposition of a multivariate vector autoregressive model. A strong connection was found between green bonds and government and corporate bonds, while green bonds showed weaker connections with high-yielding corporate bonds, stocks, and energy assets. The study provides important implications for portfolio design and hedging strategies for green bond investors.

Broadstock & Cheng (2019) examined the time-varying relationship between green and conventional bond markets and the macroeconomic factors influencing this relationship. In the first stage, the authors calculated dynamic conditional correlations (DCC), and in the second stage, they used dynamic model averaging (DMA) to identify the factors affecting the relationship. The study demonstrates that the relationship between green and conventional bonds is sensitive to factors such as financial market volatility, economic policy uncertainty, daily economic activity, oil prices, and news-based sentiment (positive/negative) related to green bonds.

The reviewed literature summary highlights the need for more detailed research, particularly on the global geographic distribution of green finance. Additionally, the lack of studies exploring the impacts of green finance across different sectors presents a significant opportunity to enhance research diversity in this field.

- **Contributions to the Literature and Gaps in the Literature of the Study**

The originality of this study lies in mapping the overall structure of the green finance literature using a bibliometric analysis approach and examining the connections between different themes, authors, institutions, and countries. Unlike other studies, it provides a detailed analysis of the thematic and global geographical distribution of green finance literature while also emphasizing the importance of multidisciplinary approaches. With these characteristics, it differentiates itself methodologically and in terms of scope from existing studies.

This study offers the following by addressing the literature from a broad perspective:

Global Perspective: Instead of limiting green finance research to specific countries, this study provides a comprehensive analysis of global authors, institutions, and themes.

Relationships between Research Themes: By mapping the multidisciplinary nature of the literature and the interactions between clusters, the study contributes to understanding the synergy and information flow within the field of green finance.

Guidance for Future Research: By identifying gaps in the literature and potential research opportunities, the study offers recommendations for addressing these gaps in future work.

Limitations of the Study: The limitations of this study include the examination of literature solely from the Web of Science database. The analysis was conducted on data obtained from the Web of Science database using Vosviewer, with the data extraction date being **July 1, 2024**. Additionally, the analysis was narrowed by applying restrictions to fields such as Business, Management, Economics, and Business Finance.

3. Method

Bibliometric Analysis is an analytical method used to understand the development and growth of a particular discipline or field. This method also reveals which themes emerge within the field and how these themes form a structure. By examining key features in the literature, it becomes possible to understand changes and trends in the field. Data such as the number of works, authors, journals, geographical distribution, types of works, and publication titles are analyzed, providing insights into the development of the field (Lee et al., 2020: 367). Co-word analysis, proposed by Callon et al. in 1983, allows for the identification of relationships and their strengths among words found in research over different periods. This type of analysis focuses on keyword groups in publications and visualizes word relationships to create a conceptual map of the examined literature (Callon et al., 1983: 191-235).

Bibliometrics was originally introduced by Pritchard and by Nalimov and Mulchenko in 1969. Pritchard described bibliometrics as a method that applies mathematics and statistics to books and other communication media. Nalimov and Mulchenko defined scientometrics as a qualitative method focused on the analysis of science as an information process. The subsequent development of bibliometrics has expanded into informatics, encompassing electronic media and utilizing statistical analysis of text or hypertext systems, as well as measuring information from electronic libraries. Today, there are several software tools available for conducting bibliometric studies. These analyses are carried out using various

databases such as Web of Science (WoS), Scopus, and Google Scholar, along with specialized software (Maliha, 2023:1). Web of Science (WoS), offered by Thomson Reuters, is a widely used citation indexing service and a part of the Web of Knowledge platform for scientific research (Hou et al., 2015).

Web of Science has a robust history as a citation database, providing comprehensive and reliable data for evaluating research impact and understanding scientific networks. It spans a wide range of disciplines, from social sciences to natural sciences and humanities, offering the advantage of in-depth data for multidisciplinary research (Ho & Wang, 2020:370). Additionally, it provides integrated tools and analytical capabilities that streamline data collection and analysis processes. **One of the reasons for preferring Web of Science is its provision of specialized databases and filtering options tailored to specific research areas, facilitating in-depth analysis in those fields.** High-quality standards, extensive coverage, strong citation analyses, and integrated tools make Web of Science more preferred compared to other databases like Google Scholar or Scopus.

Frequently used software in bibliometric analyses includes VOSviewer, BibExcel, CiteSpace, BiblioShiny (an extension of the bibliometrix R package), and HistCite. VOSviewer stands out as a powerful tool for visualizing bibliometric maps and performing cluster analyses (Maliha, 2023:1). In this study, the Web of Science database and VOSviewer bibliometric program were selected due to their extensive coverage, reliability, and analytical capabilities, making them effective solutions for bibliometric analyses.

The data used in this study were carefully selected from articles addressing the concept of "Green Finance". The documents were obtained from the Web of Science (WoS) database and mapped by the author using the VOSviewer visual mapping method.

- **Science Mapping Technique**

The term "bibliometrics" was first introduced by Alan Pritchard in his 1969 study titled *Statistical Bibliography or Bibliometrics*. This method aims to analyze scientific literature from thematic, social, and intellectual perspectives, providing a detailed examination of the structures and relationships within research fields. Within this framework, the science mapping technique involves computational methods developed to visualize, analyze, and model scientific and technological activities. Science mapping serves as a powerful tool to visually present the conceptual, social, and intellectual dynamics of a specific field, aiming to understand its evolution and development (Pritchard, 1969).

This study applies the science mapping technique to map the green finance literature. Using the VOSviewer software, bibliometric networks were created, visualizing key research themes and their interconnections. VOSviewer contributes to understanding the evolution of the field by examining the interactions among authors, institutions, and keywords within the literature. This analysis is instrumental in grasping the overall structure of the literature, identifying emerging themes in green finance, and uncovering relationships between different research groups. This method assists researchers in understanding how green finance has developed and provides insights into which themes require further exploration in the future.

4. Findings and Discussion

In this study, bibliometric analysis of publications in the field of "Green Finance" was carried out. Analysis date **July 1, 2024**. Analyzed with Vosviewer with data obtained from the Web of Science database. Before any restrictions were imposed, there were a total of 1,863 publications on the subject of "Green Finance" in the Web of Science database. The analysis was narrowed down by imposing restrictions in areas such as Business, Management, Economics and Business Finance, and a total of 617 publications were reached as of 01.07.2024. **There are 96 publications in the field of Business, 82 in the field of Management, 351 in the field of Economics and 232 in the field of Business Finance.**

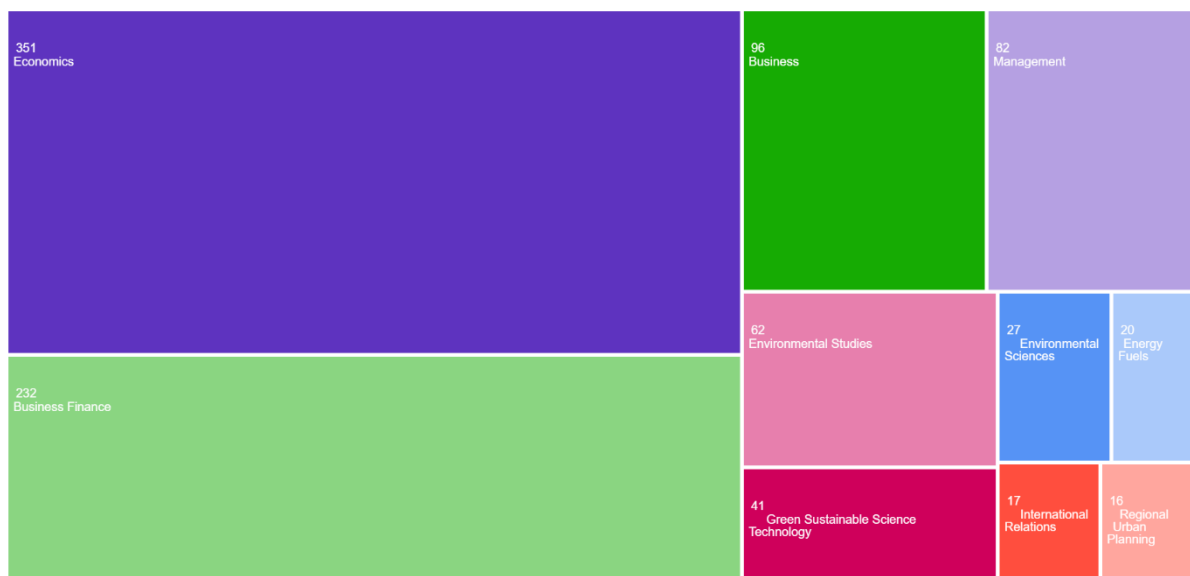
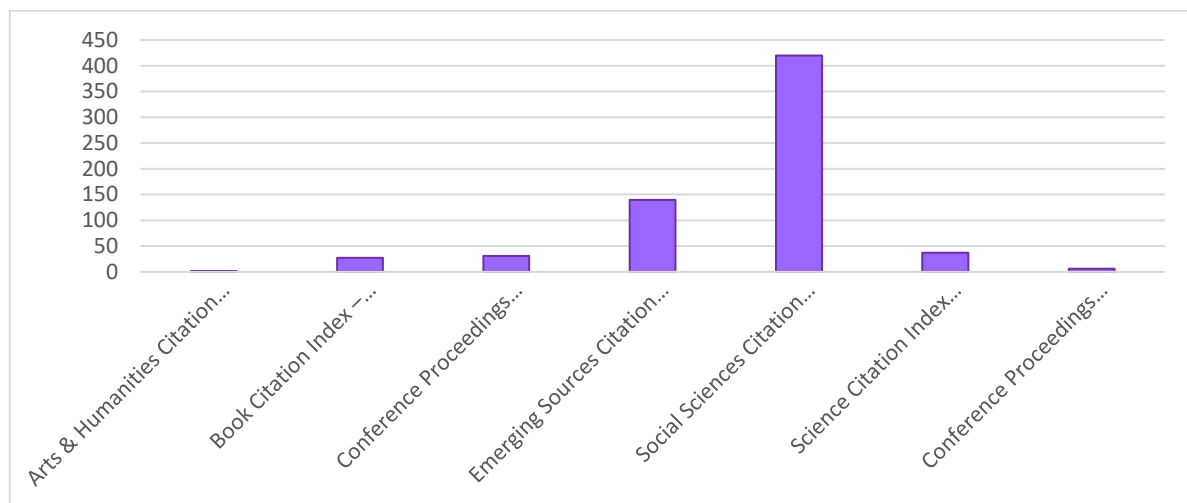


Figure 1. Treemap Chart (Field: Web of Science Categories)

According to Figure 1, Economics constitutes 351 publications, 56.888%, Business Finance 232 publications, 37.601%, Business 96 publications, 15.559%, Management 82 publications, 13.290%. There are also Article 546, Early Access 70, Proceeding Paper 31, Book

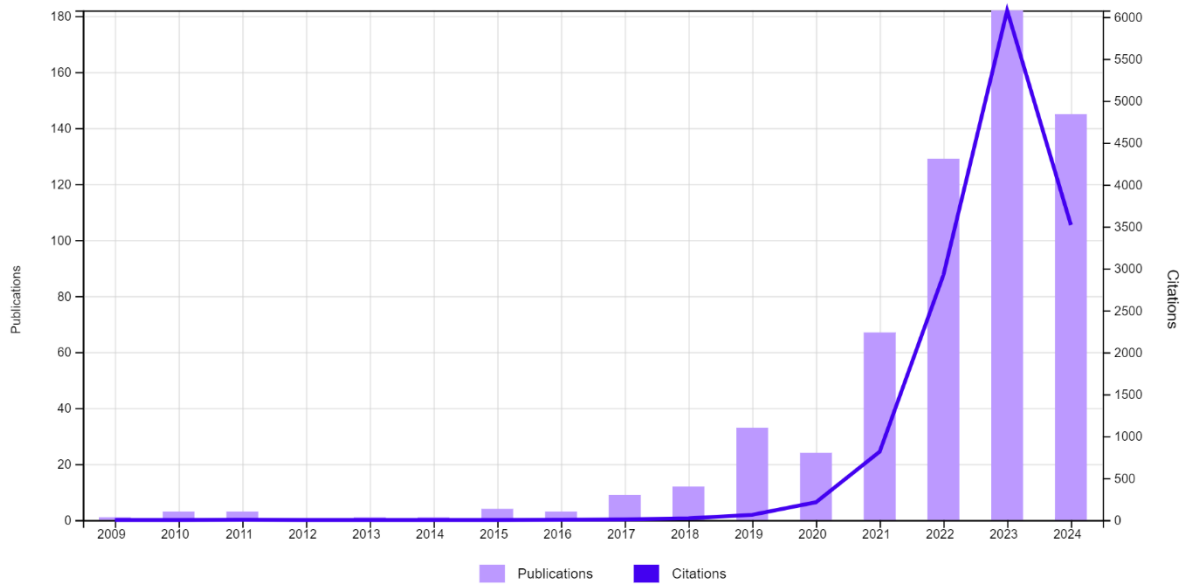
Chapters 24, Review Article 19, Editorial Material 15, Book 3, Book Review 2, Correction 1 and Retraction 1 in these areas. Among them, the most publications (27) belong to Taghizadeh-Hesary, Farhad. He is followed by Umar, Muhammad and Dong, Kangyin with 7 publications.



Graph 1. Distribution of the Number of Publications According to Web of Science Indexes

According to Graph 1, when the number of publications according to Web of Science indexes is examined, it is observed that there are great differences in different categories. The indexes with the least number of publications are A&HCI with 2 publications and CPCI-S with 6 publications. BKCI-SSH has 27 publications. CPCI-SSH has 31 publications. There are 37 publications in the SCI – EXPANDE and 140 publications in the ESCI index. SSCI stands out in this group with 420 publications. Also Citing Articles: Total 7,427 Analyze, 7,030 Analyze; Without self-citations. 59 H-Index.

Publications and citations obtained after the space restriction with the concept of "Green Finance" are given together.



Graph 2. Times Cited and Publications Dealing With "Green Finance" Over 2009-2024

According to Graph 2, there was 1 publication, and zero citation in 2009, 3 publications, and zero citation in 2010, and no publication or citation in 2012. There is 1 publication, zero citation in 2013, 1 publication, zero citation in 2014, 4 publications, zero citation in 2015, 3 publications, 3 citations in 2016, 9 publications, 8 citations in 2017, 12 publications, 21 citations in 2018.

In 2019, there was a leap in terms of publication citations and 33 publications and 62 citations were made.

Although the number of publications decreased to 24 in 2020, the number of citations increased to 212. It is thought that the decrease in the number of publications may be due to the global COVID-19 epidemic. In 2021, the number of publications increased to 67 and the number of citations increased to 815. In 2022, the number of publications increased to 129 and the number of citations reached 815. In 2023, the peak number of publications reached 182 and the number of citations increased to 2922. By July 1, 2024, the total number of publications has increased to 145 and the number of citations has increased to 3519.

Based on your bibliometric analysis, we see that there are a limited number of publications on the subject of "Green Finance" between 2009 and 2024. Especially considering that the number of publications in certain academic fields is relatively low, several possible evaluations can be made about the reasons and consequences of this situation:

- **A New and Developing Field:** "Green Finance" is a relatively new field of research. As environmental problems and sustainability issues have become more important in recent years, interest in these issues is also increasing.

- **Data and Resource Limitations:** Limited data and resources on the subject of "Green Finance" may make it difficult for researchers to enter this field. In particular, the lack of data necessary to measure the impacts and outcomes of green finance may have prevented further studies in this area.

- **Impact of Environmental Policies:** Countries' environmental policies and regulations can directly affect the interest in green finance. In countries where environmentally friendly policies and regulations are inadequate, interest and research on green finance may be limited. This can directly affect the number of studies and publications.

- **Traditional Finance and Economics:** Traditional finance and economics topics may still receive more attention in the academic world. Green finance is often viewed as an alternative method of financing and therefore may receive less attention than traditional financing methods and economic analysis.

4.1. Co-Author Analysis

Co-author analysis is used to understand collaboration networks between authors in a research field. This analysis is used to determine which authors have collaborated and the place of specific authors in the collaboration network. Below are the results of the co-author analysis using VOSviewer and the authors included in each cluster are listed. Authors in each cluster collaborated with each other, and those who were unconnected were ignored.

Figure 2 includes co-citations of the authors. When the minimum number of documents belonging to authors was selected as two and the minimum number of citations was selected as one, 1553 authors and 148 matches were found.

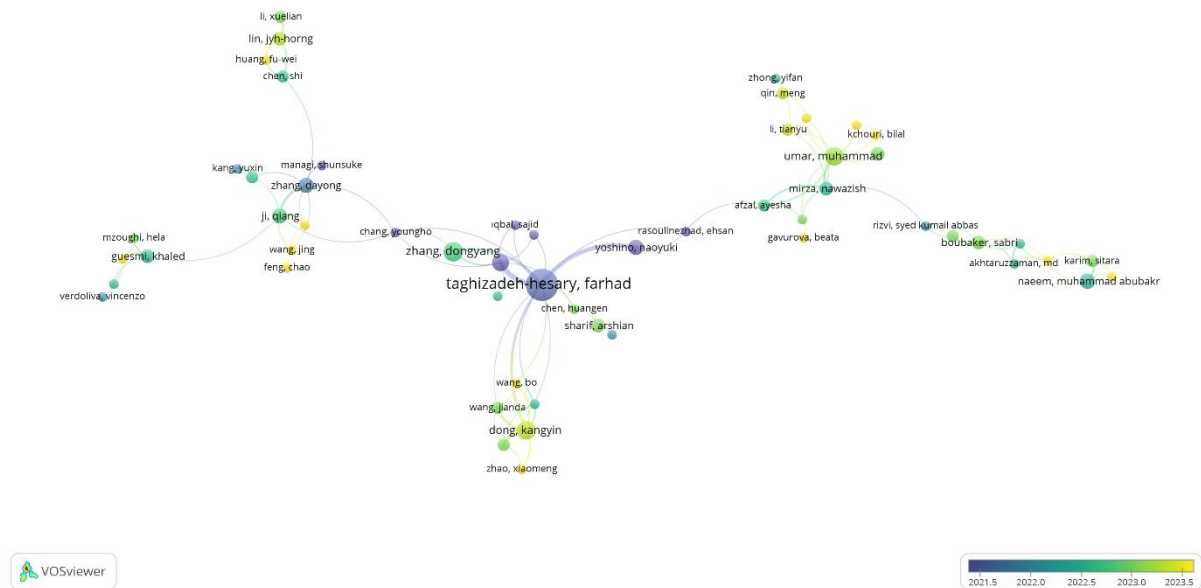


Figure 2. Co-Authors Analysis (co-authorship of authors)

- In the first cluster (9 items): Akhtaruzzaman, M.; AL Mamun, M.; Banerje, A.K.; Boubaker, S.; Karim, S.; Kumar, S.; Moussa, F.; Naeem, M.A.; Rizvi, S.K.A. are included.
- In the second cluster (8 items): Feng, C.; Guo, K.; Ji, Q.; Kang, Y.; Liu, C.; Managi, S.; Wang, J.; Zhang, D.
- In the third cluster (7 items): Chang, Y.; Iqbal, S.; Iqbal, W.; Liu, Z.; Mohsin, M.; Taghizadeh-Hesary, F.; Zhang, D.
- In the fourth cluster (6 items): Afzal, A.; Gavurova, B.; Mirza, N.; Rasoulimezad, E.; Skare, M.; Yoshino, N.
- In the fifth cluster (6 items): Dong, K.; Dong, X.; Wang, B.; Wang, J.; Zhao, J.; Zhao, X.
- In the sixth cluster (5 items): Benkraiem, R.; Guesmi, K.; Mzoughi, H.; Verdoliva, V.; Vigne, S.
- In the seventh cluster (4 items): Kchouri, B.; Safi, A.; Umar, M.; Wang, K-H.
- In the eighth cluster (4 items): Chen, S.; Huang, F-W.; Li, X.; Lin, J-H.
- In the ninth cluster (4 items): Li, T.; Qin, M.; Yue, X-G.; Zhong, Y.
- In the tenth cluster (3 items): Chen, H.; Razzaq, A.; Sharif, A.

These clusters from the shared author analysis depict collaborations and network structures among the authors. Each cluster of authors has contributed to scientific output through collaborative work. This analysis provides valuable insights into understanding collaborations in the research field.

4.2. Citation of Authors Analysis

Authors citation analysis is a type of bibliometric analysis that examines the citations that authors make to each other in a particular research field. This analysis reveals which authors have the most engagement in a given field, whose work is cited more, and which groups of authors work together or cite each other more frequently.

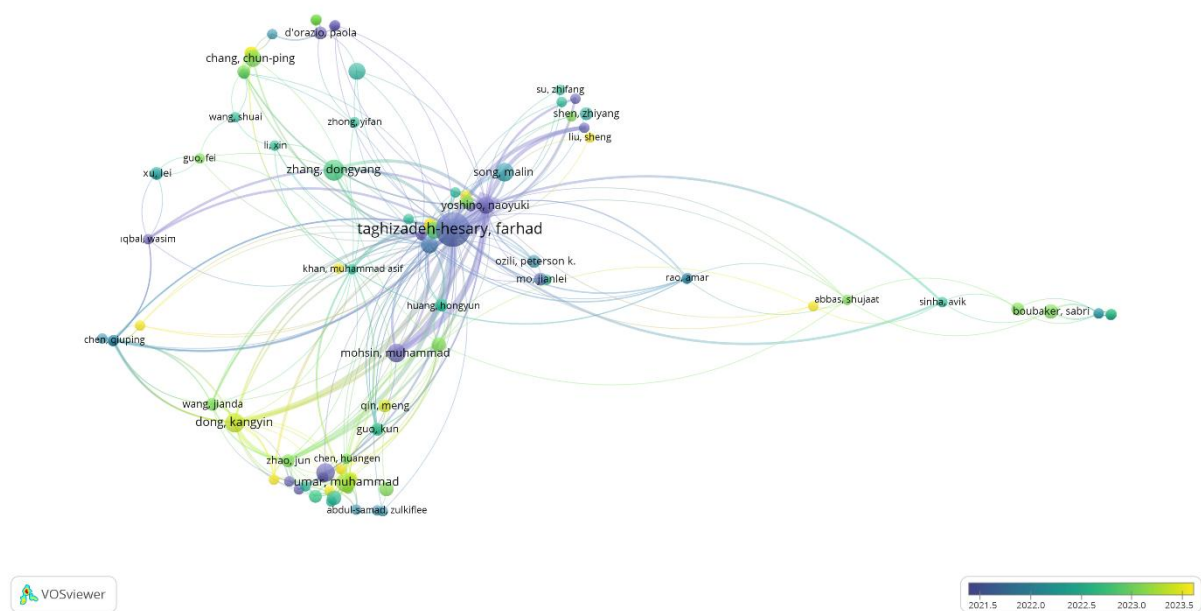


Figure 3. Citation of Authors Analysis

In Figure 3, when a minimum publication count of 2 and citation count of 1 for authors were selected, it resulted in 1553 authors and 148 matches identified.

The clusters represent groupings of analyzed authors based on their citation connections with each other. Each cluster indicates authors who frequently cite each other. Observations regarding co-citations among authors are made in Figure 3. The authors included in each cluster are as follows:

- In the first cluster (13 items): Abbas, S.; Akhtaruzzaman, Md.; Banerjee, A.K.; Boubaker, S.; Gavurova, B.; Moussa, F.; Rao, A.; Rizvi, S.K.A.; Sharma, G.D.; Sinha, A.; Verdoliva, V.; Vigne, S.

These authors in the first cluster form a cohesive group in the field of green finance, frequently citing each other's work which often supports common research themes.

- In the second cluster (13 items): Caldecott, B.; Chang, C.P.; Chen, D.; Dong, S.; Guo, F.; Hu, H.; Iqbal, W.; Li, X.; Wang, Q.J.; Wang, S.; Xu, L.; Zhang, D.; Zheng, M.

Authors in the second cluster also exhibit strong citation connections among themselves, contributing to the literature in green finance through collaborative or supportive research efforts.

- In the third cluster (12 items): Chang, Y.; Huang, H.; Ji, Q.; Kumar, S.; Liu, C.; Managi, S.; Mbanyele, W.; Wnag, F.; Wnag, J.; Wang, K-H.; Zhang, D.; Zhang, W.

Authors in the third cluster form another group frequently citing each other, particularly in the areas of green finance and sustainability.

- In the fourth cluster (11 items): Abdul-Samad, Z.; Cheok, M-Y.; Dong, X.; Iqbal, N.; Kchouri, B.; Sadiq, M.; Safi, A.; Sharif, A.; Umar, M.; Zhao, J.; Zhao, X.

There is also a strong collaboration and research network among these authors.

- In the fifth cluster (9 items): Afzal, A.; Guo, K.; Kang, Y.; Li, T.; Mirza, N.; Qin, M.; Rasoulinezhad, E.; Skare, M.; Yue, X-G.

- In the sixth cluster (9 items): Du, J.; Guo, Q.; Iqbal, S.; Li, R.; Liu, S.; Shen, Z.; Su, Z.; Taghizadeh-Hesary, F.; Yoshino, N.

- In the seventh cluster (8 items): Bethlendi, A.; Cheng, R.; D'Orazio, P.; Gupta, R.; Naeem, M.A.; Pora, A.; Rajan, R.S.; Zhong, Y.

- In the eighth cluster (8 items): Chen, Q.; Dong, K.; Fekete-Farkas, M.; Ning, B.; Pan, Y.; Wang, B.; Wang, J.; Xiamo, J.

- In the ninth cluster (5 items): Azhgaliyeva, D.; Chen, H.; Mohsin, M.; Volz, U.; Weber, O.

- In the tenth cluster (3 items): Khan, M.A.; Liu, Z.; Mansour, N.

- In the eleventh cluster (3 items): Liu, M.; Mo, J.; Ozili, P.K.

- In the twelfth cluster (1 item): Song, M.
- In the thirteenth cluster (1 item): Karim, S.
- In the fourteenth cluster (1 item): Hassa, M.K.

Authors in single-author clusters may have worked independently of other authors or appear more isolated within the citation network. Author citation analysis is valuable for understanding the scientific interactions and collaborations among authors in a specific field. These clusters highlight groups of authors with intense interactions and collaborations. This analysis demonstrates which authors are most influential in the field of green finance, who receives more citations, and which author groups collaborate together. Such analyses contribute to a better understanding of the direction of scientific research and relationships among researchers.

4.3. Country Citation Analysis

Country citation analysis is a type of bibliometric analysis that examines which countries are most cited in a particular research field and the citation links between these countries. This analysis is done to evaluate the contributions and scientific interactions of researchers in different countries. Tools such as VOSviewer visualize these analyses, revealing which countries interact more, which countries are more influential in certain areas, and how scientific collaborations are structured.

In Figure 6 below, when a minimum of five documents and one citation pertaining to a country were selected, 83 countries and 35 matches were found.

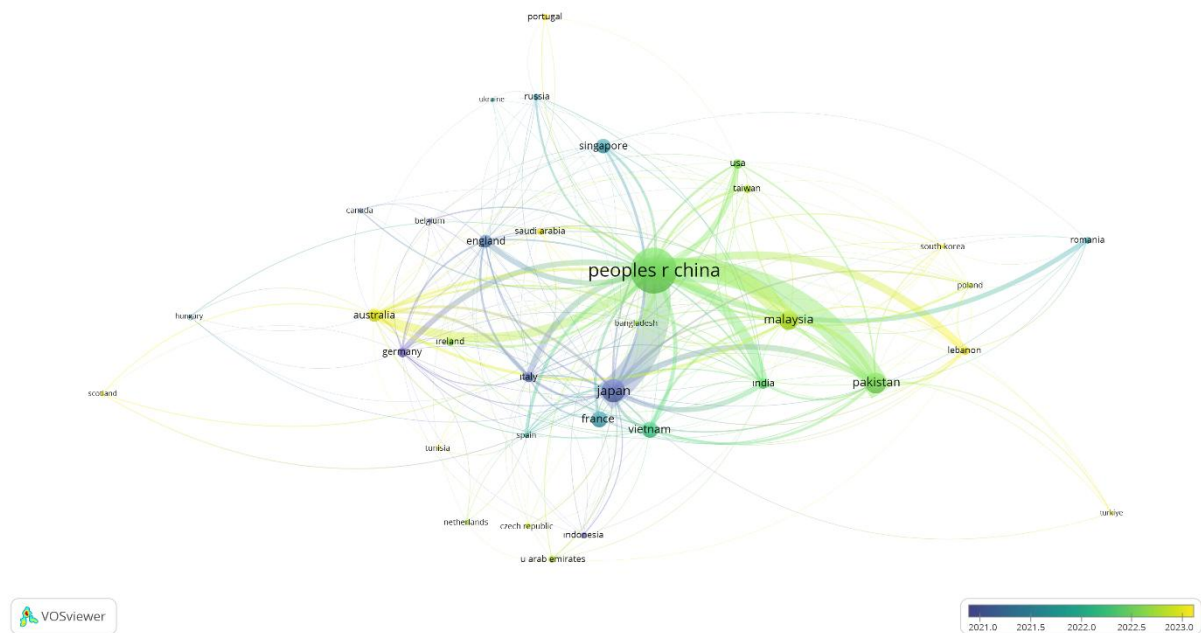


Figure 4. Country Citation Analysis (Scores Avg. Citations)

Clusters are grouped based on the citation connections among the analyzed countries. Each cluster indicates that the countries within it exchange citations more frequently with each other. Upon closely examining the clusters in Figure 6:

- First Cluster (9 items): Czech Republic, France, Germany, Indonesia, Italy, Japan, Netherlands, United Arab Emirates, Vietnam.

The countries in this cluster have a dense citation network in the field of green finance. The collaboration between European countries (France, Germany, Italy, Netherlands, Czech Republic) and Asian countries (Indonesia, Japan, Vietnam) demonstrates the intercontinental scientific interactions and collaborations. These countries significantly influence each other in green finance research.

- Second Cluster (6 items): Belgium, Canada, Ireland, Saudi Arabia, Spain, Tunisia.

The countries in the second cluster establish a connection between Europe (Belgium, Ireland, Spain) and North America (Canada) as well as the Middle East and North Africa (Saudi Arabia, Tunisia). This indicates widespread information exchange and research collaborations in green finance among these regions.

- Third Cluster (5 items): Lebanon, People's Republic of China, Poland, Romania, South Korea.

The third cluster connects Asian countries (China, South Korea) with European countries (Poland, Romania) and the Middle East (Lebanon), highlighting research collaborations and joint studies among these regions.

- Fourth Cluster (5 items): England, Portugal, Russia, Singapore, Ukraine.

The countries in the fourth cluster show connections between Europe (England, Portugal, Russia, Ukraine) and Asia (Singapore), emphasizing the importance of collaborations in green finance between these two continents.

- Fifth Cluster (4 items): India, Malaysia, Pakistan, Turkey.

The countries in the fifth cluster form connections between South Asia (India, Pakistan), Southeast Asia (Malaysia), and Turkey, indicating intensive collaborations and information exchange among these regions.

- Sixth Cluster (3 items): Australia, Hungary, Scotland.

The sixth cluster connects Australia with European countries (Hungary, Scotland), demonstrating the presence of research collaborations between these two regions.

- Seventh Cluster (3 items): Bangladesh, Taiwan, USA.

The seventh cluster represents connections between Asia (Bangladesh, Taiwan) and North America (USA), highlighting significant scientific collaborations between these two continents.

Country citation analysis is valuable for understanding the scientific interactions and collaborations among countries in a specific field. These clusters highlight groups of countries with intense interactions and collaborations. This analysis demonstrates which countries are most influential in the field of green finance, who receives more citations, and which country groups collaborate together.

In conclusion, the Country Citation Analysis is crucial for understanding the global distribution of scientific research in green finance and the collaborations between countries. Each cluster indicates strong citation links between specific geographical regions or countries, showing that these regions influence each other and produce scientific knowledge.

The country citation analysis highlights the prominence of Asian and European countries in the field of green finance. This indicates that countries in these regions make

significant contributions and that research intensity is high. The prominence of these regions in green finance research and literature can be attributed to several factors:

- Economic and Environmental Needs:

In Asia, particularly in large economies such as China, Japan, South Korea, and India, rapid industrialization and urbanization have increased environmental problems. These countries must take significant steps towards sustainable development and environmental protection, leading to a higher demand for green finance instruments and increased research in this area (Wen et al., 2022:1). The European Union promotes green finance to support sustainable development and environmental protection policies. The European Commission's green finance strategies and regulations have increased research and significant contributions in this field (Afzal, et al., 2022: 5150-5163).

- Political and Legal Regulations:

European countries implement various legal regulations and incentive policies to achieve sustainable development goals. These policies increase green finance practices among financial institutions and companies and encourage academic research. Similarly, Asian governments adopt green finance policies to meet environmental protection and sustainable development goals (Goglio & Catturani, 2019: 239-261). For example, China's "green finance reforms" and Japan's sustainable energy investments contribute to increased research in this area (Wen et al., 2022:1).

- Technological Innovation and Development:

Asian countries are making significant progress in green technologies and sustainable energy sources, encouraging the research and development of green finance instruments and applications. Europe is at the forefront of innovative green finance instruments and technologies. Research in areas such as green bonds, sustainable banking practices, and renewable energy projects reinforces Europe's leadership in this field (Dorfleitner & Braun, 2019: 207-237).

The Country Citation Analysis emphasizes the leadership of Asia and Europe in green finance and the importance of research in this area. Green finance is a critical tool for achieving sustainable development goals, and countries in these regions play a pioneering role.

The answer to the question "What is the geographical distribution of 'Green Finance' research?" have provided through the Country Citation Analysis.

4.4. Organization Citation Analysis

Organization Citation Analysis is a method used to evaluate the research impact of certain institutions in scientific research. This analysis shows how much a particular institution is cited by other researchers and institutions and helps determine the institution's place and influence in the research world.

When a minimum of five documents and one citation from an institution were selected, 48 matches were found among 837 institutions. (Weights: citations, Scores: Avg. pub. year was selected.)

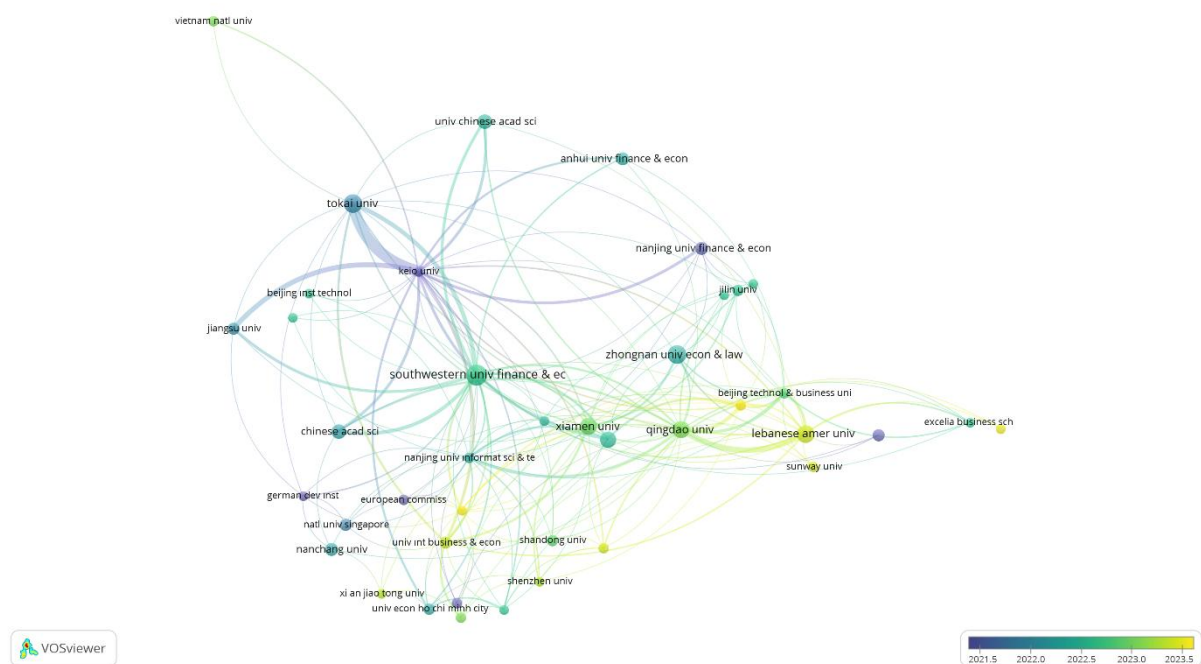


Figure 5. Organizations Citation Analysis

- In the first cluster (9 items): Beijing Institute of Technology, Central University of Finance & Economics, European Commission, German Development Institute, Nanjing University of Information Science and Technology, Nankai University, National University of Singapore, Southwestern University of Finance & Economics, University College Dublin.

The institutions in the first cluster span a wide geographical distribution, including leading universities and research institutes from both Asia and Europe. This highlights the importance of international collaboration and knowledge sharing in green finance research.

- In the second cluster (9 items): Chinese Academy of Sciences, City University of Macau, Nanchang University, Renmin University of China, Shenzhen University, University

of Economics Ho Chi Minh City, University of International Business & Economics, University of Oxford, Xi'an Jiaotong University.

The institutions in the second cluster include universities with strong research infrastructures, particularly from China and the United Kingdom. The emphasis China places on green finance research, combined with the contributions from prestigious institutions like the University of Oxford, underscores the diversity and strength of global research efforts in this field.

- In the third cluster (7 items): Beijing Technology & Business University, Excelia Business School, Lebanese American University, Liaoning University, Qingdao University, Sunway University, Wuhan University.

The third cluster includes various universities from China and other countries, illustrating that not only Asian universities but also educational institutions from other regions significantly contribute to green finance research.

- In the fourth cluster (7 items): Jilin University, Nanjing University of Finance & Economics, Peking University, Shanghai University of Finance & Economics, Xiamen University, Zhejiang Gongshang University, Zhongnan University of Economics and Law.

The institutions in the fourth cluster predominantly comprise leading universities in China, emphasizing China's pivotal role in academic research on green finance and its emergence as a significant hub for knowledge production in this field.

- In the fifth cluster (5 items): Jiangsu University, Keio University, Tokai University, University of Chinese Academy of Sciences, Vietnam National University.

The fifth cluster features prominent universities from Japan and Vietnam. Japan's advanced research in green finance and contributions from developing countries like Vietnam demonstrate the broad spectrum of green finance research in the Asia region.

- In the sixth cluster (3 items): Capital University of Economics & Business, Shandong University, Zhejiang University of Finance & Economics.

The institutions in the sixth cluster are predominantly based in China, indicating that various Chinese universities are making significant contributions to green finance research and enriching the knowledge base in this area.

- In the seventh cluster (1 item): Anhui University of Finance & Economics.

In the keyword analysis, the keywords are divided into four clusters, each organized around specific themes:

- First Cluster (7 items): Covid-19, ESG, Financing Constraints, Green Bond, Green Finance Policy, Green Innovation, Green Investment.

In the first cluster, the impact of the Covid-19 pandemic, ESG factors, financing constraints, green bonds, and green finance policies are frequently discussed keywords. This highlights the prominence of topics such as the pandemic's impact on green finance and the increasing importance of ESG criteria.

- Second Cluster (6 items): Carbon Emission, China, Climate Change, Economic Growth, Energy Transition, Green Finance.

The second cluster focuses on China's role in the green finance market, the reduction of carbon emissions, and the relationships between economic growth and energy transition.

- Third Cluster (5 items): Climate Finance, Green Bonds, Green Economy, Sustainable Development, Sustainable Finance.

In the third cluster, topics such as climate finance, green economy, and sustainable development are prominent.

- Fourth Cluster (5 items): Environmental Performance, Green Financing, Renewable Energy, Sustainability, Sustainable Development Goals.

The fourth cluster concentrates on environmental performance, renewable energy, and sustainable development goals.

The keyword analysis has been provided an answer to the question: "What are the key themes and trends in the literature?"

5. Conclusions and Recommendations

The primary goal of this study is to provide a comprehensive mapping of the green finance literature, helping both researchers and policymakers better understand the knowledge gaps and identify future research opportunities in this field. Through bibliometric analysis, this study addresses several key research questions related to green finance. Specifically, the study explores the following research problem: What are the general themes, trends, and relationships between different research clusters in green finance? To answer this, the research questions are framed as: What are the main themes and trends in green finance research? Who are the leading

authors contributing to this field, and which institutions and countries are involved? How are the different clusters of research in green finance related? By addressing these questions, the study aims to contribute to both the theoretical and practical understanding of green finance.

General Statements: The bibliometric analysis reveals that research publications on "Green Finance" have been relatively limited between 2009 and 2024. Despite the low number of publications in this specific field, the findings show that green finance has become a growing area of interest, particularly as environmental issues and sustainability have gained increasing global attention. The study highlights that green finance, while a relatively new research domain, is poised for further expansion as environmental concerns and the need for sustainable financial practices become more urgent.

Generalizability of Results: The findings from this study are highly relevant to the broader academic community, offering insights into green finance and its interdisciplinary nature. Although the study focuses on literature indexed in the Web of Science database, the results can be generalized to reflect global research trends. However, the geographical distribution observed in the study suggests that regions with more advanced environmental policies and regulations tend to have a higher volume of research. This geographical bias should be considered when interpreting the results, as it may limit the global applicability of the findings. Additionally, since only publications in the Web of Science database were analyzed, other databases were excluded from the study. Therefore, when generalizing the results, this limitation should be kept in mind.

Critical Reflection on Assumptions: The study assumes that data gaps and limited resources are significant barriers to more extensive research in green finance. These assumptions appear valid, especially in developing economies where environmental data is often scarce. Additionally, the scope of the analysis, which is based on data from the Web of Science, might exclude other potentially valuable research not indexed in this database. These assumptions must be carefully considered when interpreting the findings, as they may limit the scope of the study's conclusions.

Practical Challenges: A significant practical challenge identified in this study is the lack of comprehensive data and resources available on green finance. The absence of necessary data for measuring the impacts and outcomes of green finance has hindered more in-depth research. Additionally, the implementation of green finance principles faces challenges, especially in countries with insufficient eco-friendly policies and regulations. These limitations directly influence the scope and applicability of green finance research and practice.

Stronger Future Research Directions: In light of the growing significance of environmental sustainability and climate change, future research in green finance should address several critical areas. First, more comprehensive and inclusive databases should be created to address the data gaps and resource limitations in green finance, which will allow researchers to conduct more detailed and extensive analyses. Furthermore, more research is needed to explore the impact of national environmental policies and regulations on the adoption and effectiveness of green finance. Studies in this area will be crucial for understanding how policy frameworks influence the growth and success of green finance. Additionally, comparative research that contrasts traditional financing methods with green finance models should be encouraged. Such studies could better highlight the advantages and disadvantages of green finance, informing both academic and practical decision-making.

Significance of the Study: This study contributes significantly to the literature by providing a comprehensive overview of the green finance research landscape. It identifies major themes and trends, helping researchers and practitioners better understand current priorities and emerging areas of interest in the field. Furthermore, by mapping key authors, institutions, and countries, the study fosters opportunities for collaboration and joint research efforts. The analysis also underscores the importance of a multidisciplinary approach in addressing green finance challenges, providing a more holistic understanding of the field and its potential. This work serves as a foundation for future studies, highlighting emerging trends, key research clusters, and opportunities for further investigation.

Limitations: While the study provides valuable insights, it is important to note certain limitations. The analysis is based exclusively on data from the Web of Science database as of July 1, 2024, and the VOSviewer tool for bibliometric visualization. The scope is further limited to research within specific fields, including Business, Management, Economics, and Business Finance. Consequently, the study may not fully represent the breadth of research on green finance, and the findings should not be generalized beyond the included fields or database. Moreover, only Web of Science publications were examined, and other databases were excluded from the study. This limitation should be considered when generalizing the results.

In conclusion, this study offers a comprehensive and in-depth bibliometric analysis of green finance research, contributing to the literature by mapping thematic development, identifying key authors, institutions, and geographical trends, and uncovering emerging research clusters. The study provides valuable insights for both scholars and practitioners and lays a solid foundation for future research in this vital and growing field.

Declaration of Research and Publication Ethics

This study which does not require ethics committee approval and/or legal/specific permission complies with the research and publication ethics.

Researcher's Contribution Rate Statement

Since the author is the sole author of the article, the contribution rate is 100%.

Declaration of Researcher's Conflict of Interest

There are no potential conflicts of interest in this study.

References

- Afzal, A., Rasoulinezhad, E., & Malik, Z. (2022). Green finance and sustainable development in Europe. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 35(1), 5150-5163.
- Banga, J. (2019). The green bond market: a potential source of climate finance for developing countries. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 9(1), 17-32.
- Broadstock, D. C., & Cheng, L. T. (2019). Time-varying relation between black and green bond price benchmarks: Macroeconomic determinants for the first decade. *Finance research letters*, 29, 17-22.
- Callon, M., Courtial, J. P., Turner, W. A., & Bauin, S. (1983). From translations to problematic networks: An introduction to co-word analysis. *Social science information*, 22(2), 191-235.
- Dikau, S., & Volz, U. (2021). Central bank mandates, sustainability objectives and the promotion of green finance. *Ecological Economics*, 184, 107022.
- Dorfleitner, G., & Braun, D. (2019). Fintech, digitalization and blockchain: possible applications for green finance. *The rise of green finance in Europe: opportunities and challenges for issuers, investors and marketplaces*, 207-237.
- Flammer, C. (2021). Corporate green bonds. *Journal of financial economics*, 142(2), 499-516.
- Goglio, S., & Catturani, I. (2019). Sustainable Finance: A Common Ground for the Future in Europe?. *The Rise of Green Finance in Europe: Opportunities and Challenges for Issuers, Investors and Marketplaces*, 239-261.
- He, L., Liu, R., Zhong, Z., Wang, D., & Xia, Y. (2019). Can green financial development promote renewable energy investment efficiency? A consideration of bank credit. *Renewable Energy*, 143, 974-984.
- Ho, Y. S., & Wang, M. H. (2020). A bibliometric analysis of artificial intelligence publications from 1991 to 2018. *COLLNET journal of scientometrics and information management*, 14(2), 369-392.
- Hou, Q., Mao, G., Zhao, L., Du, H., & Zuo, J. (2015). Mapping the scientific research on life cycle assessment: a bibliometric analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20, 541-555.
- Le, T. L., Abakah, E. J. A., & Tiwari, A. K. (2021). Time and frequency domain connectedness and spill-over among fintech, green bonds and cryptocurrencies in the age of the fourth industrial revolution. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120382.
- Lee, I. S., Lee, H., Chen, Y. H., & Chae, Y. (2020). Bibliometric analysis of research assessing the use of acupuncture for pain treatment over the past 20 years. *Journal of Pain Research*, 367-376.
- Lee, C. C., Lee, C. C., & Li, Y. Y. (2021). Oil price shocks, geopolitical risks, and green bond market dynamics. *The North American Journal of Economics and Finance*, 55, 101309.

- Lee, C. C., & Lee, C. C. (2022). How does green finance affect green total factor productivity? Evidence from China. *Energy economics*, *107*, 105863.
- Lv, C., Bian, B., Lee, C. C., & He, Z. (2021). Regional gap and the trend of green finance development in China. *Energy Economics*, *102*, 105476.
- Maliha, H. (2023). A Review on Bibliometric Application Software. *Scientometrics Letters*, *1*(1).
- Meo, M. S., & Abd Karim, M. Z. (2022). The role of green finance in reducing CO2 emissions: An empirical analysis. *Borsa Istanbul Review*, *22*(1), 169-178.
- Nguyen, T. T. H., Naeem, M. A., Balli, F., Balli, H. O., & Vo, X. V. (2021). Time-frequency comovement among green bonds, stocks, commodities, clean energy, and conventional bonds. *Finance Research Letters*, *40*, 101739.
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of documentation*, *25*, 348-349.
- Razzaq, A., Sharif, A., & Yang, X. (2022). Influence mechanism between green finance and green innovation: exploring regional policy intervention effects in China. *Technological Forecasting and Social Change*, *182*, 121882.
- Reboredo, J. C., Ugolini, A., & Aiube, F. A. L. (2020). Network connectedness of green bonds and asset classes. *Energy Economics*, *86*, 104629.
- Sharfman, M. P., & Fernando, C. S. (2008). Environmental risk management and the cost of capital. *Strategic management journal*, *29*(6), 569-592.
- Taghizadeh-Hesary, F., & Yoshino, N. (2019). The way to induce private participation in green finance and investment. *Financ Res Lett* *31*: 98–103.
- Tiwari, A. K., Abakah, E. J. A., Gabauer, D., & Dwumfour, R. A. (2022). Dynamic spillover effects among green bond, renewable energy stocks and carbon markets during COVID-19 pandemic: Implications for hedging and investments strategies. *Global Finance Journal*, *51*, 100692.
- Wen, H., Lee, C. C., & Zhou, F. (2022). How does fiscal policy uncertainty affect corporate innovation investment? Evidence from China's new energy industry. *Energy Economics*, *105*, 105767.
- Yu, C. H., Wu, X., Zhang, D., Chen, S., & Zhao, J. (2021). Demand for green finance: Resolving financing constraints on green innovation in China. *Energy policy*, *153*, 112255.
- Zerbib, O. D. (2019). The effect of pro-environmental preferences on bond prices: Evidence from green bonds. *Journal of banking & finance*, *98*, 39-60.
- Zhang, D., Mohsin, M., Rasheed, A. K., Chang, Y., & Taghizadeh-Hesary, F. (2021). Public spending and green economic growth in BRI region: mediating role of green finance. *Energy Policy*, *153*, 112256.

Zhou, G., Zhu, J., & Luo, S. (2022). The impact of fintech innovation on green growth in China: Mediating effect of green finance. *Ecological Economics*, 193, 107308.





Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 125-154, 2025

<https://dergipark.org.tr/pub/beta>


Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 21.10.2024 Accepted / Kabul: 22.12.2024

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1570961>

Dijital Liderliğin Yenilikçi İş Davranışı Üzerindeki Etkisinde İş Biçimlendirmenin Aracı Rolü

Gülden KARAKUŞ^a

^a Dr. Öğr. Üyesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Isparta, TÜRKİYE 
<https://orcid.org/0000-0003-2980-9172>

Öz

Teknolojinin değişim hızı ve dijital dönüşüm, çalışanların yenilikçi iş davranışlarını desteklemenin yollarını yeniden şekillendirmektedir. Bu çalışmada dijital liderlik ile yenilikçi iş davranışı arasındaki ilişki ve bu ilişkide iş biçimlendirmenin aracı rolünün araştırılması amaçlanmıştır. İş talepleri-kaynakları modelinden yola çıkılarak, dijital liderliğin çalışanların iş biçimlendirme davranışlarını güçlendirebileceği ve iş biçimlendirmenin aracılığıyla çalışanların yenilikçi iş davranışı gösterme eğilimini artıracakları öngörülmüştür. Araştırmanın verileri farklı sektörlerde özel şirketlerde çalışanlardan toplanmış ve test edilmiştir. Katılımcıların demografik dağılımının belirlenmesi, normal dağılım testi ve korelasyon analizleri SPSS25 programı kullanılarak yürütülmüştür. Ölçeklere ilişkin doğrulayıcı faktör analizi AMOS 24 Programı aracılığıyla test edilirken hipotez testleri için SPSS Process Macro kullanılmıştır. Araştırma bulguları, dijital liderliğin çalışanların yenilikçi iş davranışını olumlu yönde etkilediğini ve iş biçimlendirmenin bu ilişkide tam aracılık rolü olduğunu göstermektedir. Dijital liderlik algısının çalışanların iş biçimlendirme davranışını güçlendirdiğini ve bunun da yenilikçi iş davranışlarını artırdığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, araştırma bulguları, dijital liderlik, iş biçimlendirme ve yenilikçi iş davranışı arasındaki ilişkilerin, örgütlerin dijital dönüşüm süreçlerinde sürdürülebilir başarıya ulaşmalarında önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler
Dijital Liderlik, İş Biçimlendirme, Yenilikçi İş Davranışı

JEL Kodu
M10, M12, L20

İletişim Gülden KARAKUŞ ✉ guldenkarakus@sdu.edu.tr ☒ Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Isparta, TÜRKİYE

Atf Karakuş, G. (2025). Dijital liderliğin yenilikçi iş davranışı üzerindeki etkisinde iş biçimlendirmenin aracı rolü. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 125-154.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

The Mediating Role of Job Crafting in the Digital Leadership and Innovative Work Behavior Relationship

Abstract

The fast-paced technological advancements and digital transformation is redefining the methods used to foster employees' innovative work behaviors. This study aims to investigate the relationship between digital leadership and employee innovative work behavior, and the mediating role of job crafting in this relationship. Based on the job demands-resources model, it is hypothesized that digital leadership encourages employees' job crafting, which in turn will increase employees' innovative work behavior. Data were collected from white-collar employees working in private companies across various sectors. Demographic distribution analysis, normality tests, and correlation analyses were conducted using SPSS 25. Confirmatory factor analysis related to the scales was tested via AMOS 24, while hypothesis testing was conducted using the SPSS Process Macro. The study's findings indicate that job crafting plays a full mediating role between digital leadership and employee innovative work behavior relationship. It was suggested that the perception of digital leadership strengthens employees' job crafting, which in turn enhances innovative work behavior. Accordingly, the findings reveal that the relationships between digital leadership, job crafting, and innovative work behavior play a significant role in understanding and achieving sustainable success in organizations' digital transformation processes.

Keywords

Digital Leadership,
Job Crafting,
Innovative Work
Behavior

JEL Classification

M10, M12, L20

1. Giriş

Dijitalleşme, iş dünyasında büyük değişikliklere neden olarak birçok sektörde verimlilik ve etkinlik artışı sağlamıştır. Dijital araçları kullanan şirketler, rutin görevleri otomatikleştirerek veya büyük verileri kullanarak rekabet avantajlarını önemli ölçüde artırabilirler. Ancak, teknolojik değişim, sürekli uyum sağlama gereksinimi ve güvenlik risklerinin yönetimi gibi zorlukları da beraberinde getirmektedir. Bu zorlukların üstesinden gelmek ve dijital stratejilerin iş hedefleriyle uyumlu olmasını sağlamak için etkili dijital liderlik kritik öneme sahiptir.

Dijital teknolojilerin hızla gelişmesi, örgütsel yapıları ve iş süreçlerini köklü bir şekilde dönüştürmüştür (Omol, 2024). Bu değişen ortamda, liderler yalnızca yeni teknolojileri yönetmekle kalmayıp, aynı zamanda dijital dönüşümün getirdiği yenilikler ve bazen zorluklar içerisinde ekiplerini yönlendirme sorumluluğunu da üstlenirler. Dijital liderlik, örgütlerde iletişimi, iş birliğini ve yenilikçiliği artırmak amacıyla dijital araçları etkin bir şekilde kullanma yeteneğiyle büyük önem taşır (Mihardjo vd., 2019). Dijital liderlik, modern iş ortamında karşılaşılan zorluklar karşısında örgütler için kritik bir kaynak haline gelmiştir. Uhl-Bien ve Arena (2018), giderek daha dinamik ve zorlu olan iş ortamlarında dönüşümün özünü gerçekten anlamak için liderlerin rolünü anlamının kritik olduğunu savunmaktadır. İşletmelerin yenilikçilik, verimlilik ve rekabetçiliklerini

artırmak amacıyla dijital teknolojilere olan ihtiyaçları giderek artmakta, bu da dijital liderliğin önemini daha da belirgin hale getirmektedir. Dijital liderler, ekiplerinin yeni teknolojileri ve yaklaşımları benimsemesini teşvik etmenin ve onları bu yönde desteklemenin yanı sıra dijital dünyada insana değer veren, güvene ve iş birliğine dayanan bir kültürü teşvik ederler (Tigre vd., 2023). Bu kültürel değişim, örgütün hızla değişen pazar koşullarına ve teknolojik gelişmelere ayak uydurabilmesi için vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir.

Dijital liderlik, modern örgütlerde inovasyonu teşvik eden dönüştürücü bir güç olarak kabul edilmektedir (AlNuaimi vd., 2022). Sosyal Bilişsel Teori'ye (Bandura, 1986) göre, bireyler yalnızca doğrudan deneyimler yoluyla değil, aynı zamanda başkalarının davranışlarını ve bu davranışlarının sonuçlarını gözlemleyerek de öğrenir. Bu bağlamda, liderler takipçileri için rol model oluştururlar. Liderlerin davranışları ve kararları çalışanlar tarafından gözlemlenir ve bu davranışlar çalışanların kendi eylemlerini ve tutumlarını etkiler. Liderlerin davranışı, inovasyon sürecinde çalışanların motivasyonunu ve psikolojik etkinliğini şekillendirebilmekte ve bu da onların proaktif yenilikçi eylemlerini etkileyebilmektedir (Zhuang vd., 2024). Dijital liderler, yeni dijital teknolojilerin iş yerlerine entegrasyonunu destekleyerek ve iş baskısını azaltarak çalışanların görevlerini ve çalışma ortamlarını yeniden biçimlendirmeleri için gereken kaynakları sağlayabilirler (Zhu vd., 2022). İş biçimlendirme çalışanların performansını ve genel iyiliğini artırabilmektedir (Wrzesniewski, 2014). Bunun yanı sıra iş biçimlendirme çalışanların işleriyle ilgili anlamı kendilerine uygun olacak şekilde değiştirmelerine olanak tanır (Wrzesniewski & Dutton, 2001).

İş biçimlendirme, çalışanların kişi-örgüt uyumunu geliştirmek amacıyla sergiledikleri kendiliğinden bir davranış olarak, belirsiz ekonomik ortamlara uyum sağlama, çalışanların iyi oluşu ve yenilikçi davranışları üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (Miao vd., 2023). Bu nedenle iş biçimlendirme, dinamik iş ortamlarında giderek daha fazla kabul görmektedir. Dijital liderlik, liderlerin dijital teknolojileri kullanma ve yönlendirme yeteneği ile tanımlanır ve çalışanların iş biçimlendirmesini geliştirebileceği bir ortam yaratmayı destekler (Zhu vd., 2022). İş talepleri-kaynakları modeli, çalışma koşullarının iş talepleri ve iş kaynakları olmak üzere iki ana kategoriye ayrılabilir (Bakker vd., 2003; Demerouti vd., 2001) ve her işin çalışanların iyi olma hali ve performansını etkileyen talepleri ve kaynakları olduğunu öne sürer. Dijital liderler, yeni dijital teknolojilerin kullanımını ve çalışanların iş kaynaklarını artırmalarını teşvik ederek çalışanların ve örgütlerin yenilik kapasitelerinin artırılmasına katkı sağlarlar (Zhu vd., 2022).

Dijital araçlara erişim, teknik destek ve dijital yetkinliklerin geliştirilmesine yönelik eğitimler gibi kaynaklar sağlanması örgütün olumlu çıktılarının artırılmasının yanı sıra çalışanların kendi yetenek ve ilgileri doğrultusunda işlerini yeniden biçimlendirmelerine olanak sağlar. İş kaynakları, iş güvenliği, kariyer fırsatları gibi örgütsel faktörlere değinirken yönetici desteği, takım iklimi gibi kişiler arası faktörlerin yanı sıra beceri çeşitliliği, özerklik, performans, geri bildirim gibi görevle ilgili faktörlere işaret eder (Tims ve Bakker, 2010). Bu ek kaynakların, çalışanların iş taleplerinin yarattığı stresi azaltırken, yenilikçi çözümler geliştirmelerine zemin hazırlayacağı ve dijital liderliğin, iş kaynaklarını artırarak çalışanların yenilikçi iş davranışını destekleyen bir iş ortamı oluşturacağı düşünülmektedir. Bu doğrultuda bu çalışmada dijital liderlik ile yenilikçi iş davranışı arasındaki ilişki ve bu ilişkide iş biçimlendirmenin aracılık rolünün incelenmesi hedeflenmiştir. Araştırmanın sonuçları, dijital çağda başarıya ulaşmak ve değişimi etkin bir şekilde yönetmek için giderek daha önemli hale gelen dijital liderlik, iş biçimlendirme ve yenilikçi iş davranışları gibi kavramlar ile bunlar arasındaki ilişkilere ilişkin liderlik süreçleri ve insan kaynakları uygulamalarının geliştirilmesine katkı sağlayabilecek bulgular sunmuştur.

2. Teorik Çerçeve, Hipotezler ve Araştırmanın Modeli

Bu bölümünde araştırma değişkenlerine ilişkin literatür taraması, teorik dayanaklar, araştırmanın hipotezleri ve modeli yer almaktadır.

2.1. Dijital Liderlik

Dijital dönüşüm, yalnızca dijital teknolojilerin benimsenmesini değil örgütlerin iş süreçlerini, modellerini ve müşteri etkileşimlerini yeniden tasarladığı, örgütlerin işleyişini yeniden şekillendiren kültürel ve örgütsel bir değişime işaret etmektedir (Omol, 2024). Dijital dönüşüm projeleri, genellikle önemli ölçüde yenilik, değişim çabası ve risk alma isteği gerektirir, ancak bu unsurların mevcut örgütsel yapılarla uyum sağlaması zor olabilir (Hess vd., 2016). Bu nedenle dijital dönüşüm liderler açısından zorlu bir süreç olarak kabul edilmektedir (Tigre vd., 2023). Dijital dönüşüm süreci, liderin yönlendirmesiyle örgüte rekabet avantajı sağlayan ve örgütü geleceğe taşıyan önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır (Burak, 2022). Yeni teknolojilere açık olma rekabet avantajı sağlayabilmede için stratejik öneme sahiptir. Bu nedenle, teknolojik gelişmelere uyum sağlama sürecinde liderler, yeni teknolojiler ve bunların örgüt için önemini örgüte yayma konusunda önemli bir görev üstlenirler (Hensellek vd., 2020).

Dijital liderlik, karar alma sürecini desteklemek için liderlik yeteneklerinin ve dijital teknolojilerin birleŐimi olarak tanımlanmaktadır (Sasmoko vd., 2019). Dijital liderler, liderlik yeteneklerini dijital teknolojilerle birleştirerek örgüte değer katarlar. Tigre vd. (2023), kapsamlı bir tanımlamayla dijital liderliği, değişime hızla uyum sağlayan, öğrenen, çalıŐanlarına ve çeŐitlilięe değer veren, iş birliğini teşvik eden ve dijital bir ortamda çalışanların geliŐmelerini sağlayan güvene dayalı bir kültürü teşvik eden etik ve evik bir zihniyet olarak tanımlamıŐtır. Liderlikle genellikle ilişkilendirilen iletişim ve yn belirleme gibi temel beceriler hl geçerliliğini korurken, son yıllarda yön belirleme, zorluklarla yüzleŐme ve uyum sağlama becerileri daha fazla önem kazanmaktadır (Pulley vd., 2002). Bunun nedeni, günümüzde örgütlerin dijital dünyada başarılı olmak için sürekli ve hızlı bir Şekilde değişmesi gerekmesidir ve dijital liderler yeniliği rekabet avantajı olarak yönlendirmede kilit bir role sahiptir (Kane vd., 2015).

Dijital liderlik, dijital teknolojilerin etkin kullanımını sağlamak için kültür ve dijital yetkinliklerin entegrasyonunu temel alır ve bu yolla örgüte değer katmayı hedefler (Mihardjo & Rukmana, 2018). Tigre vd. (2023) dijital liderlikle ilgili yürüttükleri bir bibliyometrik analiz çalışmasının sonucunda dijital liderin ana yetkinliklerini; insan odaklılık (iletişim ve güven temelli ilişkiler geliştirmek), bireysel nitelikler (ahlak ve uyum yeteneği), uzun-dönem odaklılık (inovasyon, vizyon ve yönlendirme) ve görev başarısı (dijital yetkinlikler ve iş birliği) olarak belirlemişlerdir. Bu araştırma sonuçları da dijital liderliğin dijital teknolojilerin etkin bir Şekilde kullanılmasının yanı sıra iyi ilişkiler, iletişim, iş birliği ve vizyoner bakış açısıyla ilişki olduğunu göstermiştir. Dijital liderler, risk almayı ve yaratıcı çözümler geliŐtirmeyi teşvik ederek inovasyonu besleyen bir kültür oluştururlar. Dijital platformlardan yararlanarak bilgi paylaşımını ve iş birliğini geliŐtirir, böylece yenilikçi fikirlerin doğmasını sağlarlar (Turyadi vd., 2023). Araştırmalar, iş süreçlerini iyileŐtiren dijital araçların ve değer yaratan değişimlerin başarılı bir Şekilde hayata geçirilmesi sağlayarak dijital liderliğin çalışanların yenilikçi iş davranışını (Büyükbeşe & Doğan; Erhan vd., 2022; Gao & Gao, 2024), yaratıcılığını (Zhu vd., 2022; Zhuang vd., 2024) ve iş tatminini olumlu yönde etkileyebildiğini göstermektedir (Tanucan vd., 2022).

Dijital liderlik, uygun dijital teknolojilerden yararlanarak iş yerindeki verimliliği ve üretkenliği de arttırabilmektedir. Başarılı değişim yönetimi ve karar alma süreçleri, iş baŐarısına önemli katkılar sağlar (Turyadi vd., 2023). Araştırmalar, dijital liderliğin örgüt performansı (Al-Husban vd., 2021; Hasırcı & rc, 2024), pazar yönelimi, dijital yetkinlik (Mihardjo vd., 2019)

ve sürdürülebilir performansı olumlu yönde etkilediğini (Khaw vd., 2022; Shin vd., 2023) göstermektedir.

2.2. İş Biçimlendirme

İş biçimlendirme, bireylerin işlerinin fiziksel, zihinsel veya ilişkisel sınırlarında yaptıkları değişiklikler olarak ifade edilmektedir (Wrzesniewski & Dutton, 2001). Görev sınırlarını değiştirmek, iş sırasında gerçekleştirilen aktivitelerin sayısını veya biçimini yeniden şekillendirmeyi ifade ederken; bilişsel sınırları değiştirmek, işin algılanış biçimini değiştirmeyi ifade eder. İlişkisel sınırların değiştirilmesi ise, iş sırasında kiminle etkileşime girileceğine dair inisiyatif kullanmayı içerir. Bu unsurları değiştirerek birey, işin tasarımını ve sosyal ortamını da değiştirmiş olur. Çalışanların iş koşulları hakkında işverenleriyle müzakere etmeleri ya da işin yeniden tasarlanmasına katılmaları, iş biçimlendirmeden farklıdır (Tims & Bakker, 2010). İş biçimlendirmede, çalışanların işin anlamını değiştirmek için kendi inisiyatifleriyle işlerinin sınırlarında yaptıkları proaktif değişikliklere vurgu yapılmaktadır (Wrzesniewski & Dutton, 2001).

İş biçimlendirme kavramı literatüre orijinal olarak job crafting (Wrzesniewski & Dutton, 2001) olarak önerilmiş, Türkçe'ye farklı araştırmacılar tarafından iş becerikliliği (Akın vd., 2014; Kerse, 2017), iş zanaatkarlığı (Yavuz, 2018), iş tasarımı (Uysal, 2014), iş biçimlendirme (Çetin vd., 2021) gibi farklı ifadelerle uyarlanmıştır. Bu çalışmada, kavramın Türkçe karşılığı olarak "iş biçimlendirme" kullanılmıştır. İş talepleri-kaynakları modeline (Bakker vd., 2003; Demerouti vd., 2001) göre, sürdürülebilir düzeyde fiziksel ve/veya bilişsel ve duygusal çaba ya da beceri gerektiren tüm iş unsurları iş taleplerini kapsar. Bu nedenle, iş talepleri genellikle belirli fizyolojik veya psikolojik maliyetlere yol açar. Öte yandan, iş kaynakları, iş hedeflerine ulaşmada fayda sağlayan, iş taleplerini ve bunların getirdiği fizyolojik ve psikolojik maliyetleri azaltan, aynı zamanda kişisel öğrenme ve gelişimi destekleyen işin özelliklerini ifade eder (Bakker & Demerouti, 2007). Bu teorik çerçeveden yola çıkılarak, iş biçimlendirme çalışanların iş talepleri ve iş kaynaklarını bireysel yetenekleri ve ihtiyaçlarıyla dengelemek amacıyla gerçekleştirebilecekleri değişiklikler olarak ifade edilebilmektedir (Tims & Bakker, 2010).

Wrzesniewski ve Dutton (2001), önerdikleri iş biçimlendirme modelinde iş biçimlendirme davranışını motive eden üç ihtiyacı iş ve işin anlamı üzerinde kontrol sahibi olma, olumlu bir benlik imajı edinme ve diğerleriyle insani ilişkiler kurma ihtiyacı olarak belirlemişlerdir. Bu üç ihtiyaçtan hareketle, iş biçimlendirmenin görev biçimlendirme, ilişki biçimlendirme ve bilişsel biçimlendirme

olmak üzere üç farklı Şekilde ortaya çıkabileceğini ne sürmüŐlerdir. İlk ikisi işin dizaynında değişiklikleri oluŐtururken diğer iŐyerindeki sosyal ortama ilişkin değişiklikler oluşturmayı içerir. Bütün bu deđiŐikler iş biçimlendirmenin en sonunda kişi için işin anlamını veya kiŐinin iş kimliğinin değişimini sağlamaktadır. Tims vd. (2012) iş talepleri-kaynakları modelinden hareketle iş biçimlendirmenin zorlayıcı iş taleplerini artırma, sosyal iş kaynaklarını artırma, yapısal iş kaynaklarını artırma ve engelleyici iş taleplerini azaltma olmak üzere dört Şekilde gerçekleŐebileceđini önermişlerdir.

İŞ biçimlendirmeye zemin hazırlayan unsurlara ilişkin çalışmalar kişisel özellikler ve işin özelliklerine odaklanmıştır. Bakker vd. (2012), proaktif kiŐiliđin iş biçimlendirme eğilimi ile pozitif yönde ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Tims ve Bakker (2010), proaktif kiŐiliđin yanı sıra öz-yeterlilik ve öz-düzenlemenin de iş biçimlendirmeye zemin hazırlayabilecek bireysel boyutlar olabileceğini ifade etmişlerdir. Petrou vd. (2012), iş baskısı ve özerkliğin her ikisinin de yüksek olduğu günlerde, çalışanların en yüksek seviyede kaynak arayışı ve en düşük seviyede talep azaltma davranışları sergilediklerini bulmuşlardır. Tims & Bakker (2010), alıŐanların iÇlerinde değişiklik yapma özgürlüğünü hissetmelerinin yüksek düzeyde özerklik ve görev bağımsızlığı ile mümkün olabileceğini ifade ederek, özerklik ve görev bağımsızlığının iş biçimlendirme sürecini destekleyebileceğini ifade etmişlerdir. İŞ biçimlendirme, işe angaje olma (Bakker vd., 2012; Tims vd., 2013; Turan & zdemir, 2019), iş tatmini (Tims vd., 2013), görev performansı (Güner & Basım, 2023), kişi-örgüt uyumu (Chen vd., 2014), çalışan yaratıcılığı (Zhu vd., 2022; Zhuang vd., 2024) gibi sonuçları olumlu yönde etkileyebilmektedir.

Liderler, alıŐanların iş biçimlendirme çabalarını destekleyerek veya ekip düzeyinde iş biçimlendirme süreçlerini teşvik edecek uygun bağlamlar oluşturarak, bu bireysel giriŐimlerin etkisini artırabilir ve çalışanların hem kendilerini geliştirmelerine hem de organizasyonel hedeflere katkıda bulunmalarına olanak sağlayabilir (Wrzesniewski, 2014). Farklı liderlik yaklaşımları, çalışanlara iş biçimlendirme konusunda farklı düzeylerde özgürlük, kaynak ve motivasyon sağlayabilir (Wang vd., 2017). Araştırmalar liderlerin, çalışanların proaktif davranma motivasyonlarını artırmada veya azaltmada kritik bir rol oynadıklarını göstermektedir (Fuller vd., 2015; Wang vd., 2017). Thun ve Bakker (2018), güçlendirici liderliğin, engelleyici talepleri azaltma dışında, iş biçimlendirme stratejilerinin önemli bir öncülü olduğunu ortaya koymuşlardır. Takım düzeyinde hizmetkr liderliğin, takım iş biçimlendirmesi üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Harju vd., 2017). DnŐmc liderliğin, çalışanların iş kaynaklarını ve

zorlayıcı iş taleplerini artırma iş biçimlendirme stratejilerini kullanmalarıyla olumlu ilişkiler gösterdiği ortaya konulmuştur (Naeem vd., 2021). Çalışanlar, çeşitli nedenlerle işlerini farklı şekillerde biçimlendirebilirler. Kaynak arayarak ve zorlu görevlere yönelerek kişisel gelişim için işlerini genişletebilir veya iş yükünü azaltmak amacıyla engelleyici talepleri sınırlayarak işlerini daraltabilirler. Ayrıca, liderlerin güvenilir, açık ve destekleyici bir ortam oluşturarak bireysel destek sunması, çalışanların ihtiyaçlarını dinlemesi, yeni fikirlerini değerlendirmesi ve kişisel gelişimi teşvik etmesi gibi açıklık ve destek sinyali veren davranışları, çalışanların iş taleplerini ve iş kaynaklarını biçimlendirme konusunda kendilerini özgür ve güvende hissetmelerini sağlar (Wang vd., 2017).

2.3. Yenilikçi İş Davranışı

Yenilikçi iş davranışı, fikir üretimi, tanıtımı ve gerçekleştirilmesi süreçlerinden oluşan karmaşık bir davranış olarak kabul edilir. Bireysel yenilikçilik, herhangi bir alanda özgün ve kullanışlı fikirlerin ortaya konması, yani fikir üretimi süreciyle başlar (Janssen, 2000). Yenilikçi iş davranışı, bireyin kendi rolünde, çalışma grubunda veya örgüt içinde yeni ve faydalı fikirleri, süreçleri, ürünleri veya prosedürleri harekete geçirmeyi ve gerçekleştirmeyi hedefleyen davranışı olarak tanımlanmaktadır (De Jong ve Dan Hartog, 2010).

Yeni fikirlerin yaratılması ve uygulanması olarak tanımlanan yenilikçi iş davranışı, örgütlerin rekabet avantajı elde edebilmesi ve örgütsel sürdürülebilirliği için büyük önem taşır (AlEessa & Durugbo, 2022). Bu nedenle, örgütler çalışanlarını yenilikçi iş davranışları göstermeleri için teşvik etmektedir. Örgütlerde yenilikçi iş davranışını güçlendiren faktörler iç ve dış faktörler olarak ifade edilebilmektedir (Nguyen, 2023). İç faktörler bazı bireysel özelliklere işaret ederken dış faktörler örgütsel bazı faktörlere işaret etmektedir. Bireysel özellikler, problem çözme stilleri (Scott & Bruce, 1994), yenilikçi öz yeterlik (Özay & Kaymaz, 2023) yenilikçi iş davranışıyla ilişkilendirilen bireysel faktörler arasında yer alırken liderin yaklaşımı, iş arkadaşlarının yardım ve desteği (Zhou & George, 2001), bilgi paylaşma, eğitim ve geliştirme (Özay & Kaymaz), örgüt kültürü ve iklimi (Scott & Bruce, 1994; Siengthai vd., 2019) ve insan kaynakları yönetimi (Alfes vd., 2013) gibi örgütsel faktörler yenilikçi iş davranışıyla ilişkili bulunmuştur. Örgütlerde yenilikçi iş davranışını güçlendiren faktörler, çalışanların bireysel özellikleri, liderlik stilleri, ekip dinamikleri, örgütün genel özellikleri ve işe yönelik tutumlar olarak özetlenebilir.

Yenilikçi iş davranışı, daha yüksek düzeyde çalışan bağlılığı ve iş performansı ile ilişkilidir (Pham vd., 2024; Wang & Hou, 2023). Araştırmalar, yenilikçi iş davranışlarının iş tatmini ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Karabay, 2021; Tjoa & Arief, 2022). Yeniliği teşvik eden destekleyici örgütsel ortamların sağlanması, çalışanların kendilerini değerli hissetmelerine yardımcı olur ve olumlu iş sonuçlarının ortaya çıkmasına zemin hazırlar. Yenilikçi iş davranışının, daha fazla yenilik nerisi sunulması, yeni ürünler ile süreçlerin geliştirilmesi ile çeşitli yenilik ıktıları üzerinde etkili olacağı öngörülmektedir (De Jong & Den Hartog, 2010). Yenilikçi fikirler ve çözümler üretme yetenekleri, daha verimli süreçler, daha iyi ürünler ve hizmetler sunarak rekabet avantajı sağlayabilmektedir. Hurley ve Hult (1998), yenilikçi bir kültürü destekleyen Şirketlerin yenilikçi kapasitelerinde artış olduğunu bunun sonucunda rekabet avantajı sağladıklarını ifade etmişlerdir. Yenilikçilik, müşteri memnuniyeti ve işletme performansını da olumlu yönde etkilemektedir (Marei vd., 2022). Yeni fikirler, bireysel ve örgütsel bilgilerin sürekli olarak geliştirildiği dinamik bir öğrenme ortamına katkıda bulunur. Bu sürekli öğrenme süreci, örgütlerin değişen çevresel koşullara uyum sağlamalarını ve uzun vadeli sürdürülebilirliklerini güvence altına almalarını mümkün kılar.

2.4. Araştırma Değişkenleri Arasındaki İlişkiler, Hipotezler ve Araştırmanın Modeli

Dijital liderler, kültür değişimini teşvik edebilir, politika uygulamalarını iyileŐtirebilir ve yeni çalışma yöntemlerine geçişi kolaylaŐtırabilirler (Westerman vd., 2014). Dijital liderlik, ekibin yeniliği teşvik eden bir ortamda çalıŐabilmesi için uygun yetkilendirmenin sağlanması ve bu doğrultuda çalışanların iş rollerini yeniden biçimlendirmelerine olanak tanır (Zhu vd., 2022). İŞ biçimlendirme, çalışanların iş hedeflerine ulaşmak veya bu hedefleri optimize etmek amacıyla iş taleplerinde ve iş kaynaklarında kendi kendine baŐlattıkları değişiklikler olarak tanımlanır (Tims vd., 2012) ve liderler, bu süreçte çalışanları motive etmede önemli bir rol oynar (Petrou vd., 2012). İŞ biçimlendirme yoluyla yapılan değişiklikler, performansı (Tims vd., 2015), işe adanmıŐlıėı (Bakker vd., 2012; Tims vd., 2013; Tims vd., 2015) ve iş tatminini artırabilmektedir (Tims vd., 2013).

İŞ Talepleri-Kaynakları Teorisi (Bakker vd., 2003; Demerouti vd., 2001) iş taleplerini, işle ilgili belirli fizyolojik veya psikolojik maliyetler olarak değerlendirirken iş kaynaklarını iş hedeflerine ulaşmada iŐlevsel olan unsurlara atıfta bulunarak açıklar. İŞ talepleri ve kaynakları arasındaki denge, çalışanların performansını artırır, çalışanlar iŐleri kendi yeteneklerine ve

beklentilerine uygun hale getirme konusunda daha donanımlı ve motive hissederler (Rudolph vd., 2017). Araştırmalar, dijital liderlik ile iş biçimlendirme arasındaki bu ilişkiyi desteklemektedir. Dijital liderler, teknik destek sağlama ve yetkilendirme gibi çeşitli stratejilerle çalışanların iş baskısını azaltarak, onları iş biçimlendirmeye teşvik edebilmektedir (Zhu vd., 2022). Dijital liderlerin, kaynak sağlayarak ve yapısal değişiklikler yapmayı teşvik ederek çalışanları iş biçimlendirmeye yönlendirebileceği öngörülmüş ve araştırmanın ilk hipotezi bu doğrultuda belirlenmiştir.

H₁: Dijital liderliğin çalışanlarının iş biçimlendirme davranışı üzerinde pozitif etkisi vardır.

İş biçimlendirme, çalışanlara yeni fikirler geliştirmek için elverişli bir ortam oluşturma imkanı sağlayabilmektedir. Araştırmalar, iş biçimlendirmenin özerklik, destek ve gelişim fırsatları gibi iş kaynaklarını artırabileceğini göstermektedir. Slep ve Vella-Brodrick (2014), iş biçimlendirmenin, özerklik dahil olmak üzere psikolojik ihtiyaçların tatminini olumlu bir şekilde öngördüğünü ve bunun da iş yerindeki iyi oluşu artırdığını bulmuştur. İş biçimlendirme davranışı sergileyen çalışanların, işlerini daha anlamlı buldukları, artan enerjileri sayesinde duygusal, fiziksel ve zihinsel olarak işlerine tam anlamıyla odaklandıkları görülmektedir (Turan & Özdemir, 2019). Araştırmalar, iş biçimlendirme ile dijital yaratıcılık (Zhuang vd., 2024) ve çalışan yaratıcılığı (Zhu vd., 2022) arasında pozitif ilişkilere işaret etmektedir. İş biçimlendirmenin çalışanlara yaratıcı ve yenilikçi faaliyetlere katılmaları için gerekli kaynakları sağlamaları için zemin hazırlayan faktörlerden biri olduğu düşünülmektedir. Bu ilişkilerden yola çıkılarak, iş biçimlendirmenin yenilikçi iş davranışlarını teşvik edeceği öngörülmüş ve bu doğrultuda araştırmanın ikinci hipotezi oluşturulmuştur.

H₂: Çalışanların iş biçimlendirmesi yenilikçi iş davranışını olumlu yönde etkiler.

Dijital liderlik, dijital teknolojilerden yararlanarak destekleyici ve güçlendirici bir çalışma ortamı oluşturmak suretiyle yenilikçi iş davranışını teşvik etmede önemli bir rol oynar. Dijital liderler, inovasyon için kritik bileşenler olan yeni fırsatlar aramayı, yaratıcı yaklaşımlar keşfetmeyi, çalışanları denemeler yapmaya teşvik etmeyi ve bilgi paylaşımını geliştiren araçları kullanır (Gao & Gao, 2024). Cortellazzo vd. (2019), liderlerin etik kaygılar barındıran karmaşık ortamlarda iş birliğine dayalı süreçleri mümkün kılacak dijital bir kültür geliştirmede kritik bir role sahip olduklarını belirtmişlerdir. Çömlekçi ve Bozkurt (2024), dijital liderlik algısının çalışanların işgücü çevikliğini ve bireysel yenilikçiliğini pozitif yönde etkilediğini ve dijital liderlik algısının

çalışanların bireysel yenilikçiliklerine etkisinde işgücü çevikliğinin aracılık rolü oynadığını ifade etmişlerdir. Gao ve Gao'ya (2024) göre, dijital liderlik, psikolojik güçlendirme aracılığıyla çalışanların yenilikçi iş davranışını olumlu yönde etkiler.

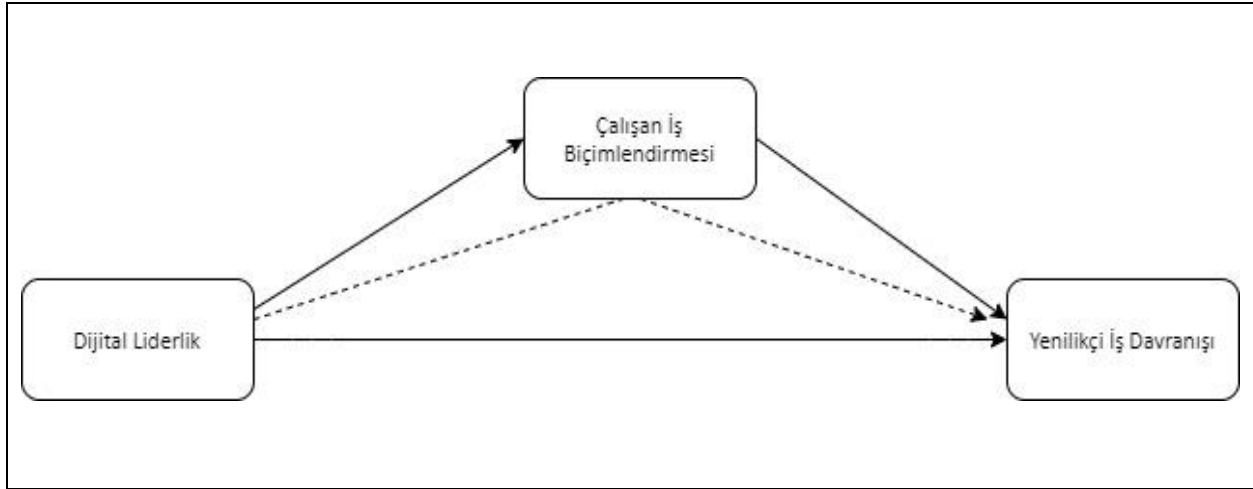
Dijital araçlar, liderlerin daha verimli ve şeffaf iletişim kanalları oluşturarak fikir alışverişini teşvik etmelerini sağlar. Daha önce yürütülen araştırma sonuçları dijital liderliğin çalışanların yenilikçi iş davranışlarını (Erhan vd., 2022; Gao & Gao, 2024) ve çalışanların yaratıcılığını (Zhu vd., 2022; Zhuang vd., 2024) olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. Bu doğrultuda iş talepleri-kaynakları modeli ve mevcut araştırma sonuçları temel alınarak araştırmanın üçüncü hipotezi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

H₃: Dijital liderlik yenilikçi iş davranışını olumlu yönde etkiler.

Dijital liderler, örgütlerde yeniliği geliştirerek çalışanların yenilikçi davranışları göstermesine katkı sağlar (Büyükbeşe & Doğan, 2022). Çalışanların görevlerini ve etkileşimlerini iş taleplerini ve kaynaklarını dengeleyecek ve işle uyumlarını artıracak şekilde proaktif olarak yeniden tasarımlarını içeren iş biçimlendirme (Tims vd., 2012), dijital liderliğin örgütlerde yenilikçi davranışı etkilemesine katkı sağlayabilecek faktörlerden biridir. İş biçimlendirme çalışanların yaratıcılıklarını harekete geçirmek, işteki tatminlerini artırmak, olumlu bir iş kimliği geliştirmek, işle ilgili iyilik hallerini ve iş performanslarını yükseltmek için bir aracı olabilmektedir (Zhu vd., 2022). Dolayısıyla, iş biçimlendirme, dijital liderlik ile çalışanların yaratıcı davranışları arasındaki ilişkide bir aracı faktör olarak hizmet edebilmektedir (Zhu vd., 2022; Zhuang vd., 2024). Bu ilişkilerden yola çıkılarak, dijital liderliğin iş biçimlendirme yoluyla çalışanların yenilikçi iş davranışını artırabileceği öngörülmüş ve doğrultuda araştırmanın son hipotezi oluşturulmuştur.

H₄: İş biçimlendirmenin dijital liderliğin yenilikçi iş davranışı üzerindeki etkisinde aracı rolü vardır.

Şekil 1'de, doğrudan ve aracılık etkilerini gösteren araştırma modeli sunulmuştur.



Şekil 1. Araştırmanın Modeli

3. Yöntem

3.1. Araştırmanın Katılımcıları ve Veri Toplama Prosedürü

Araştırmanın verileri, kolayda örneklem yöntemiyle, farklı sektörlerde özel şirketlerde çalışan beyaz yakalılardan 2024 yılı Haziran-Temmuz ayları arasında toplanmıştır. Toplam 337 kullanılabilir anket sonucu elde edilmiştir. Tablo 1’de katılımcıların demografik dağılımı sunulmuştur.

Araştırma için, Süleyman Demirel Üniversitesi Etik Kurulu’ndan 20.05.2024 tarih ve 149/6 toplantı sayılı kararı ile izin alınmıştır.

3.2. Ölçüm Araçları

Dijital liderlik: Çalışanların dijital liderlik algısı Ulutaş ve Arslan’ın (2017) geliştirdiği Bilişim Liderliği Ölçeği kullanılarak ölçülmüştür. Ölçek her biri 6’şar ifadeden oluşan 3 boyuttan oluşmaktadır. Bu çalışmada ölçeğin 6 ifadeden oluşan ‘yönlendirme’ boyutu kullanılmıştır. Bu boyut, Ulutaş ve Arslan (2017) tarafından dijital liderliği temsil eden boyut olarak ifade edilmiştir. Bu boyut daha önce Erhan vd. (2022) tarafından da dijital liderliğin ölçülmesi için kullanılmıştır. Ulutaş ve Arslan (2017) güvenilirliği 0,91 olarak bildirmiştir. Ölçekte ters kodlanan bir ifade yer almamaktadır.

İş Biçimlendirme: Tims vd. (2012) tarafından geliştirilen ve Türkçe uyarlaması Çetin vd. (2021) tarafından yapılan, dört boyut ve 21 ifadeden oluşan ölçek kullanılarak ölçülmüştür. Çetin vd. (2021) ölçeğe ait bütünsel Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısını 0,86 olarak bildirmişlerdir.

Yenilikçi İŞ Davranışı: Scott ve Bruce'un (1994) geliştirdiği ve Türkçe uyarlaması alıŐkan vd. (2019) tarafından yapılan 6 ifade ve tek boyuttan oluşan ölçek kullanılarak ölçülmüştür. Scott ve Bruce (1994) lek güvenirliğini 0,89 olarak bildirirken alıŐkan vd. (2019) iki farklı örnekleme yürüttükleri çalışma sonuçlarına göre 0,93 ve 0,91 güvenirlik katsayısı sonuçları bildirmişlerdir. Ölçekte ters kodlanan ifade yer almamaktadır.

3.3. Veri Analizleri

Katılımcıların demografik dağılımının belirlenmesi, normal dağılım testi ve korelasyon analizleri SPSS25 programı kullanılarak yürütülmüştür. Ölçeklere ilişkin doğrlayıcı faktör analizi AMOS 24 Programı aracılığıyla test edilirken hipotez testleri için SPSS Process Macro kullanılmıştır.

4. Bulgular

4.1. Katılımcıların Demografik Dağılımı

Tablo 1'de, araştırmanın katılımcılarına ilişkin demografik veriler sunulmuştur.

Tablo 1

Araştırma Katılımcılarının Demografik Dağılımı

Demografik Veriler	Frekans	Yüzde (%)
Yaş		
19-25	28	8
26-30	59	18
31-35	75	22
36-40	71	21
41-45	49	15
46-50	33	10
51+	22	6
Cinsiyet		
Kadın	184	55
Erkek	153	45
EĞitim		
Lise	56	17
n Lisans	50	15
Lisans	192	57
Lisansüstü	39	11
Toplam Kıdem		
1-5	42	12
6-10	73	22
11-15	74	22
16-20	67	20
21-25	50	15

26+

31

9

Araştırmaya katılanların demografik dağılımında, yaş grupları içinde %22 ile 31-35 yaş aralığı öne çıkarken, bunu %21 ile 36-40 yaş grubu takip etmektedir. Cinsiyet dağılımı incelendiğinde, katılımcıların %55'inin kadın, %45'inin ise erkek olduğu görülmektedir. Eğitim seviyesine göre dağılımda, katılımcıların %57'sinin lisans mezunu olduğu, %17'sinin lise, %15'inin ön lisans ve %11'inin lisansüstü eğitim aldığı görülmektedir. Toplam kıdemde en yüksek oran %22 ile 6-10 yıl ve 11-15 yıl arası deneyime sahip katılımcılara aittir.

4.2. Ölçeklerin Yapısal Geçerlik Analizi Sonuçları

Araştırmada kullanılan ölçekler Türkiye'de geliştirilen ve Türkçe'ye uyarlaması daha önce yapılmış olan ölçekler olduğu için ölçeklerin geçerlik testleri için doğrulayıcı faktör analizi (DFA) uygulanmıştır. Tablo 2'de ölçüm modellerine ilişkin uyum iyiliği değerleri sunulmuştur.

Tablo 2

DFA Sonuçlarına Göre Ölçeklere İlişkin Uyum İyiliği Değerleri

Model	χ^2/df	CFI	IFI	NFI	GFI	TLI	RMSEA
Dijital Liderlik	3,03	0,97	0,98	0,97	0,97	0,96	0,078
İş Biçimlendirme	2,28	0,94	0,94	0,90	0,90	0,93	0,062
Yenilikçi İş Davranışı	2,59	0,98	0,98	0,97	0,98	0,97	0,069

Analizler ölçeklerden herhangi bir ifade çıkarılmadan tamamlanmıştır. Tablo 2'de elde edilen değerlerin kabul edilebilir ve iyi uyuma (Jöroskop & Sörbom, 1993) işaret ettiği ve ölçeklerin yapı geçerliklerinin doğrulandığına işaret ettiği görülmektedir.

4.3. Betimsel Göstergeler, Güvenirlik Analizi ve Korelasyon Analizi Sonuçları

Tablo 3'te, betimsel göstergeler, ölçeklerin güvenirlik değerleri ve değişkenler arası ilişkiler sunulmuştur.

Tablo 3

Betimsel İstatistikler, Güvenirlik ve Korelasyon Analizi Sonuçları

Araştırmanın Değişkenleri	Ortalama	SS	Çarpıklık	Basıklık	1	2	3
1. Dijital Liderlik	3,96	0,443	-0,270	-0,505	(0,84)		
2. İş Biçimlendirme	3,67	0,421	0,282	-0,961	0,43**	(0,91)	
3. Yenilikçi İş Davranışı	3,21	0,650	0,360	0,186	0,23**	0,58**	(0,85)

Not. **p<.01; SS: Standart Sapma.

Verilerin normal dağılımı çarpıklık ve basıklık değerleri test edilmesi ile kontrol edilmiştir. Tabachnick ve Fidell (2013), verilerin normal dağılımı için basıklık ve çarpıklık değerlerinin -1,5 ile +1,5 arasında olmasının kabul edilebilir olduğuna işaret etmiştir. Araştırma değişkenlerine ilişkin basıklık ve çarpıklık değerlerinin $\pm 1,5$ aralığında bulunması, verinin normal dağıldığına işaret etmektedir.

Ölçeklerin güvenilirlikleri Cronbach's Alpha (α) katsayısı ile test edilmiş ve Tablo 3'te değişkenlerin altında parantez içerisinde sunulmuştur. Elde edilen (α) değerlerinin 0,70'in üzerinde olması, ölçeklerin güvenilirliğine işaret etmektedir (Nunnally. 1978).

Değişkenler arasındaki korelasyon değerleri incelendiğinde, dijital liderlik ile iş biçimlendirmenin ($r=0,43$, $p<.01$), iş biçimlendirme ile yenilikçi iş davranışının ($r=0,58$, $p<.01$) ve dijital liderlik ile yenilikçi iş davranışının ($r=0,23$, $p<.01$) pozitif yönlü ve anlamlı düzeyde ilişkili olduğu bulunmuştur.

Harman'ın tek faktör testi, ortak yöntem varyansının kontrol edilmesi için kullanılmıştır (Podsakoff vd., 2003). Test sonuçları, ilk faktörün varyansın %29,81'ini açıkladığını göstermiştir. Bu değer, %50'nin altında olması nedeniyle ortak yöntem varyansının bir sorun oluşturmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Fuller vd., 2016).

4.4. Hipotez Testleri

Çalışanların algıladığı dijital liderliğin yenilikçi iş davranışıyla ilişkisinde iş biçimlendirmenin aracı rolü SPSS Process Macro kullanılarak bootstrap yöntemini esas alan regresyon analiziyle incelenmiştir. Analizlerde, bootstrap yöntemi kullanılarak 5000 yeniden örnekleme seçeneği uygulanmıştır. Algılanan dijital liderliğin yenilikçi iş davranışı üzerindeki dolaylı etkisi bootstrap yöntemi ile elde edilen güven aralıkları temel alınarak test edilmiştir. Tablo 4, regresyon analizi kapsamında güven aralığı değerlerini, standardize edilmemiş beta katsayılarını ve R^2 değerlerini içermektedir.

Tablo 4 incelendiğinde, algılanan dijital liderliğin iş biçimlendirmeyi anlamlı düzeyde ve pozitif olarak etkilediği görülmektedir ($b= 0,28$, %95 GA [0,212-0,338], $t=8,596$, $p<0,001$). Bu sonuçlar araştırmanın ilk hipotezinin desteklendiğine işaret etmiştir (DL→İB). Algılanan dijital liderlik iş biçimlendirmedeki değişimin %18'ini ($R^2 = 0,18$) açıklamaktadır.

Araştırmanın ikinci hipotezi iş biçimlendirmenin yenilikçi iş davranışı üzerine etkisi olduğunu ileri sürmektedir. Analiz sonuçları iş biçimlendirmenin yenilikçi iş davranışını pozitif ve yönde ve istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkilediğini göstermektedir ($b = 0,61$, %95 GA [0,509-0,715], $t=11,7658$, $p<0,001$). Bu sonuçlar araştırmanın ikinci hipotezinin desteklendiğine işaret etmektedir (İB→YİD).

Tablo 4

Aracılık Testi Sonuçları

	İş Biçimlendirme (M)			Yenilikçi İş Davranışı (Y)				
	b	SH	%95 GA	b	SH	%95 GA		
DL (X)	a	0,28***	0,032	0,212-0,338	c'	0,01	0,033	-0,076-0,056
İB (M)	-	-	-	-	b	0,61***	0,052	0,509-0,715
Sabit	İ _M	2,58***	0,128	2,330-2,836	İ _Y	1,01***	0,181	0,648-1,364
$R^2 = 0,18$				$R^2 = 0,33$				
$F(1, 335) = 73,893$, $p<0,001$				$F(2, 334) = 82,675$, $p<0,001$				

Not. *** $p<0,001$; S.H.: Standart Hata, DL: Dijital Liderlik, İB: İş Biçimlendirme. Standardize edilmemiş beta katsayıları (b) raporlanmıştır.

Algılanan dijital liderliğin yenilikçi iş davranışını anlamlı düzeyde ve pozitif yönde etkilediği ($b = 0,16$, %95 GA [0,087-0,229], $t=4,3688$, $p<0,001$) bulunmuştur (toplam etki: c yolu). Bu sonuçlar doğrultusunda H_3 (DL→YİD) desteklenmiştir. Ancak, algılanan dijital liderlik ve iş biçimlendirmenin birlikte analize girmesiyle dijital liderliğin yenilikçi iş davranışı üzerindeki anlamlı etkisinin kaybolduğu ($b = 0,01$, %95 GA [-0,0766-0,0560], $t=0,305$, $p=0,76$) (doğrudan etki, c' yolu) görülmektedir. Aracılık etkisi analizine ilişkin sonuçlar, bootstrap güven aralığı değerlerinin 0'a uğramadığını göstermiş ve dolaylı etkinin anlamlı ortaya koymuştur ($b=0,17$ %95 GA [0,121-0,219]). Analiz sonuçları, dijital liderlik ile yenilikçi iş davranışı arasındaki ilişkide iş biçimlendirmenin tam aracılık rolünü desteklemiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda H_4 desteklenmiştir (DL→İB→YİD).

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, dijital liderliğin yenilikçi iş davranışına etkisinde iş biçimlendirmenin aracı rolü incelenmiştir. Araştırma sonuçları, dijital liderliğin çalışanların yenilikçi iş davranışları üzerinde pozitif etkisinin olduğunu ve iş biçimlendirmenin bu ilişkide tam aracılık rolünü ortaya koymaktadır. Dijital liderlik algısının çalışanların iş biçimlendirme davranışını güçlendirdiğini ve bunun da yenilikçi iş davranışlarını artırdığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, araştırma bulguları,

dijital liderlik, iş biçimlendirme ve yenilikçi iş davranışı arasındaki ilişkilerin, örgütlerin dijital dönüşüm süreçlerinde sürdürülebilir başarıya ulaşmalarında önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Dijital liderliğin yenilikçi iş davranışı üzerindeki olumlu etkisi, yenilikçiliği teşvik etmenin önemine vurgu yapan önceki araŐtırmalarla uyumludur. Büyükbeşe ve Doğan (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, dijital liderliğin çalışanların yenilikçi iş davranışlarını ve iş performansını olumlu yönde etkilediği bulunmuştur. Erhan vd. (2022), dijital liderliğin çalışanların davranışlarını Őekillendirerek ve dijital dönüşümü teşvik ederek, çalışanların yenilikçi iş performanslarını artırabildiklerini ifade etmiştir. Liderler, dijital bir kültürün geliŐtirilmesinde kilit aktörler olarak görülmektedir (Cortellazzo vd.,2019). Araştırma bulguları, dijital liderliğin yenilikçi iş davranışını yalnızca doğrudan değil, aynı zamanda iş biçimlendirmenin gelişimi yoluyla dolaylı olarak da etkilediğini göstererek bu anlayışı desteklemiştir.

Araştırma sonuçları, iş talepleri-kaynakları modeli (Bakker ve Demerouti, 2007) çerçevesinde dijital liderliğin iş biçimlendirmeyi kolaylaştıran iş kaynaklarını artırarak çalışanların daha fazla yenilikçi iş davranışına yönelmesine zemin hazırladığını göstermiştir. İŞ biçimlendirme stratejileri, çalışanların iş yükünü ve taleplerini dengelemelerine yardımcı olabilmektedir (Tims vd., 2012). Bu stratejiler, çalışanların yenilikçi davranışları teşvik ederek örgütsel başarıya katkı sağlar (Zhuang vd., 2024). Bu doğrultuda araştırma, dijital liderlik ve iş biçimlendirmeyi yenilikçi iş davranışı çerçevesine entegre ederek literatüre katkı sağlamaktadır. Bu bütünleşik yaklaşım, liderlik tarzlarının bireysel kendiliğinden davranışlar yoluyla çalışanların iş sonuçlarını etkileyebileceğine işaret etmektedir.

Dijital liderler, çalışanların yeteneklerini geliştirmeye önem verir ve dijital teknolojiyi kullanarak çalışanların motivasyon ve özerkliklerini harekete geçirerek iş biçimlendirmeye yer açar (Zhu vd., 2022). İŞ biçimlendirme, çalışanların iş taleplerini ve kaynaklarını becerilerine ve ilgilerine daha uygun hale getirmek için proaktif olarak değiştirmelerine olanak tanır (Tims vd., 2012). Böylelikle iş biçimlendirme süreciyle kazanılan yeni kaynaklar ve ilişkiler aracılığıyla çalışanların dijital yaratıcılıklarını ortaya koymalarını ve yenilikçi davranışlarını daha kolay hayata geçirmelerini destekler. Bu bulgu, Zhuang vd. (2024) tarafından gerçekteŐirilen ve dijital liderlik ile çalışanların dijital yaratıcılıkları arasındaki ilişkide iş biçimlendirmenin aracılık ettiğini ortaya koyan çalışmanın sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

Araştırma sonuçları uygulamaya yönelik olarak, örgütlerde yenilikçiliğin teşvik edilmesi için dijital liderliğin gelişiminin desteklemesini vurgulamaktadır. Buradan yola çıkılarak, liderlerin dijital alandaki bilgi ve yetkinliklerini geliştirmeleri, bu doğrultuda çalışanlarının dijital becerilerini geliştirmelerine rehberlik ederek bu yönde fırsatlar sunmaları ve becerileri doğrultusunda çalışanlarının iş biçimlendirmesini desteklemeleri önerilmektedir. Bu yaklaşımla, örgütler, hızla değişen dijital ortamda yenilikçiliği teşvik eden ve sürekli öğrenme ile uyum sağlamayı destekleyen bir çalışma ortamı oluşturabilir. İş biçimlendirmesini teşvik ederek çalışanlara, işlerini yeniden yapılandırmaları için özerklik tanınması ve bu süreçte ihtiyaç duydukları kaynakların sağlanması çalışanların rollerine daha bağlı ve yetkin hissetmelerini sağlayarak iş tatmini ve çalışan bağlılığını artırabilmektedir (Wrzesniewski ve Dutton, 2001).

Araştırmanın bazı sınırlılıklarından söz etmek daha sonraki araştırmalar için faydalı olacaktır. Araştırmanın verilerinin kesitsel bir tasarımla elde edilmiş olması araştırmanın kısıtlılıklarından birini oluşturmaktadır. Araştırma verilerinin toplanmasında öz-beyan ölçümlerinin kullanılması araştırmanın ikinci kısıtını oluşturmaktadır. Gelecek çalışmalarda, modeli tekrarlamak veya geliştirmek için verilerin birden fazla kaynaktan toplanması ve boylamsal olarak incelenmesi önerilmektedir. Konuya ilgi duyan araştırmacılar için dijital liderlik ile çalışanların yenilikçi iş davranışı arasındaki ilişkide başka olası aracı ve düzenleyici değişkenlerin incelemesi önerilmektedir. Örneğin, takım dinamiklerinin ve çalışanların psikolojik güçlendirilmesinin aracılık rolü ve örgüt kültürü, çalışanların dijital yeterlilikleri ve örgütün teknolojik altyapısı gibi faktörlerin düzenleyici etkisi incelenerek daha derinlemesine bilgiler elde edilebilir. Bu ilişkileri farklı örgütsel bağlamlarda ve sektörlerde incelemek, bulguların genellenebilirliğini de artırabilecektir.

Sonuç olarak, bu çalışma, dijital liderlik ve yenilikçi iş davranışı arasındaki ilişkide iş biçimlendirmenin aracı rol oynadığını vurgulamakta ve dijital liderlik, iş biçimlendirme ve yenilikçi iş davranışlarının birbirleriyle olan etkileşimlerini anlamak ve bu kavramların örgütsel başarıya katkılarını değerlendirmek açısından bulgular sunmaktadır. Dijital liderlerin, iş biçimlendirme ve yenilikçi iş davranışlarını teşvik ederek, örgütlerin dijital çağda rekabet avantajı elde etmelerine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu ilişkilerin etkin bir şekilde yönetilmesi, örgütlerin dijital dönüşüm süreçlerinde sürdürülebilir başarıya ulaşmalarına ve değişimi başarılı bir şekilde yönetmelerine yardımcı olacaktır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Bu çalışmada anket yönteminin uygulanabilmesi için Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu'nun 20.05.2024 tarih, 149/6 sayılı kararı ve E-87432956-050.99-750709 sayı numarası ile izin alınmış olup, bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuŐtur.

Araştırmacının Katkı Oranı Beyanı

Yazar makalenin tek yazarı olduğu için katkı oranı %100'dr.

Araştırmacının çıkar atıŐması Beyanı

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar atıŐması yoktur.

Kaynakça

- Akın, A., Sarıçam, H., Kaya, Ç., & Demir, T. (2014). Türkçe İş Becerikliliği Ölçeği (JCS): Geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *The International Journal of Educational Researchers*, 5(1), 10–15.
- AlEsa, H. S., & Durugbo, C. M. (2022). Systematic review of innovative work behavior concepts and contributions. *Management Review Quarterly*, 72(4), 1171–1208. <https://doi.org/10.1007/s11301-021-00224-x>.
- Alfes, K., Truss, C., Soane, E. C., Rees, C., & Gatenby, M. (2013). The relationship between line manager behavior, perceived HRM practices, and individual performance: Examining the mediating role of engagement. *Human Resource Management*, 52(6), 839–859. <https://doi.org/10.1002/hrm.21512>.
- Al-Husban, D. A. A. O., Almarshad, M. N. D., & Altahrawi, M. H. A. (2021). Digital leadership and organization's performance: The mediating role of innovation capability. *International Journal of Entrepreneurship*, 25(1), 1–16.
- AlNuaimi, B. K., Singh, S. K., Ren, S., Budhwar, P., & Vorobyev, D. (2022). Mastering digital transformation: The nexus between leadership, agility, and digital strategy. *Journal of Business Research*, 145, 636–648. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.03.035>.
- Bakker, A. B., & Demerouti, E. (2007). The job demands–resources model: State of the art. *Journal of Managerial Psychology*, 22(3), 309–328. <https://doi.org/10.1108/02683940710733115>.
- Bakker, A. B., Demerouti, E., de Boer, E., & Schaufeli, W. B. (2003). Job demands and job resources as predictors of absence duration and frequency. *Journal of Vocational Behavior*, 62(2), 341–356. [https://doi.org/10.1016/S0001-8791\(02\)00030-1](https://doi.org/10.1016/S0001-8791(02)00030-1).
- Bakker, A. B., Tims, M., & Derks, D. (2012). Proactive personality and job performance: The role of job crafting and work engagement. *Human Relations*, 65(10), 1359–1378. <https://doi.org/10.1177/0018726712453471>.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Burak, E. (2022). Dijital Liderlik. İçinde A. T. Küçükyiğit (Ed.), *Yönetimde Dijital Dönüşüm ve E-Ticaret* (pp. 23-40). Efe Akademi Yayınları.
- Büyükbese, T., & Doğan, Ö. (2022). Dijital Liderliğin Yenilikçi İş Davranışı ve İş Performansı Üzerine Etkisi. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 14(26), 173-186. <https://doi.org/10.20990/kilisiibfakademik.1072185>.
- Çalışkan, A., Akkoç, İ., & Turunç, Ö. (2019). Yenilikçi davranış: Bir ölçek uyarlama çalışması. *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 5(1), 94–111. <https://doi.org/10.29131/uiibd.562196>.

- Chen, C. Y., Yen, C. H., & Tsai, F. C. (2014). Job crafting and job engagement: The mediating role of person-job fit. *International Journal of Hospitality Management*, 37, 21–28. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2013.10.006>.
- Cortellazzo, L., Bruni, E., & Zampieri, R. (2019). The role of leadership in a digitalized world: A review. *Frontiers in Psychology*, 10, Article 1938. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01938>.
- Çetin, F., Güner, G., & Basım, N. (2021). İş biçimlendirme (Job Crafting) ölçęęi'nin Türkçeye uyarlanması. *İŞ ve İnsan Dergisi*, 8(2), 257–271. <https://doi.org/10.18394/iid.992676>.
- Çömlekçi, M. G., & Bozkurt, S. (2024). Dijital liderlik ve bireysel yenilikçilik ilişkisinde işgücü çevikliğinin rolü. *Akademik Hassasiyetler*, 11(24), 75-97. <https://doi.org/10.58884/akademik-hassasiyetler.1384580>.
- De Jong, J., & Den Hartog, D. N. (2010). Measuring innovative work behaviour. *Creativity and Innovation Management*, 19(1), 23–36. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8691.2010.00547.x>.
- Demerouti, E., Bakker, A. B., Nachreiner, F., & Schaufeli, W. B. (2001). The job demands-resources model of burnout. *Journal of Applied Psychology*, 86(3), 499–512. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.86.3.499>.
- Erhan, T., Uzunbacak, H. H., & Aydın, E. (2022). From conventional to digital leadership: Exploring digitalization of leadership and innovative work behavior. *Management Research Review*, 45(11), 1524–1543. <https://doi.org/10.1108/MRR-09-2021-0636>.
- Fuller, J. B., Marler, L. E., Hester, K., & Otondo, R. F. (2015). Leader reactions to follower proactive behavior: Giving credit when credit is due. *Human Relations*, 68(6), 879–898. <https://doi.org/10.1177/0018726714548235>.
- Fuller, C.M., Simmering, M.J., Atinc, G., Atinc, Y.O., & Babin, B.J. (2016). Common methods variance detection in business research. *Journal of Business Research*, 69(8), 3192-3198. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.12.008>.
- Gao, P., & Gao, Y. (2023). How does digital leadership foster employee innovative behavior: A cognitive–affective processing system perspective. *Behavioral Sciences*, 13(5), 362. <https://doi.org/10.3390/bs13050362>.
- Güner, B., & Basım, H. N. (2023). İş biçimlendirmenin görev performansına etkisinde işe tutulma ve psikolojik sermayenin rolü. *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty*, 10(1), 314-340. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.1097525>.
- Harju, L. K., Schaufeli, W. B., & Hakanen, J. J. (2017). A multilevel study on servant leadership, job boredom and job crafting. *Journal of Managerial Psychology*, 33(1), 2–14. <https://doi.org/10.1108/JMP-08-2016-0237>.

- Hasırcı, I. & Örucü, E. (2024). Dijital kültürün örgütsel performans üzerindeki etkisinde dijital liderliğin aracılık rolü: Bir araştırma. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(49), 1482-1505. <https://doi.org/10.46928/iticusbe.1383905>.
- Hensellek, S. (2020). Digital leadership: A framework for successful leadership in the digital age. *Journal of Media Management and Entrepreneurship*, 2(1), 55–69. <https://doi.org/10.4018/JMME.2020010104>.
- Hess, T., Matt, C., Benlian, A., & Wiesboeck, F. (2016). Options for formulating a digital transformation strategy. *MIS Quarterly Executive*, 15(2), 123–139.
- Hurley, R. F., & Hult, G. T. M. (1998). Innovation, market orientation, and organizational learning: An integration and empirical examination. *Journal of Marketing*, 62(3), 42–54. <https://doi.org/10.1177/002224299806200303>.
- Janssen, O. (2000). Job demands, perceptions of effort-reward fairness and innovative work behaviour. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 73(3), 287–302. <https://doi.org/10.1348/096317900167038>.
- Jöreskog, K. G., & Sörbom, D. (1993). *LISREL 8: Structural equation modeling with the SIMPLIS command language*. Scientific Software International.
- Karabay, M. E. (2021). Job performance, innovative work-behavior, job satisfaction and psychological ownership: Evidence from insurance sector. *International Journal of Management Studies and Social Science Research*, 3(3), 372–385.
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). Strategy, not technology, drives digital transformation. *MIT Sloan Management Review and Deloitte University Press*. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/fr/Documents/strategy/dup_strategy-not-technology-drives-digital-transformation.pdf.
- Kerse, G. (2017). İş becerikliliği (Job Crafting) ölçeğini Türkçeye uyarlama ve duygusal tükenme ile ilişkisini belirleme. *Journal of Business Research Turk*, 9(4), 283–304. <https://doi.org/10.20491/isarder.2017.332>.
- Khaw, T. Y., Teoh, A. P., Khalid, S. N. A., & Letchmunan, S. (2022). The impact of digital leadership on sustainable performance: A systematic literature review. *Journal of Management Development*, 41(9/10), 514–534. <https://doi.org/10.1108/JMD-05-2022-0140>.
- Marei, A., Al-Haddad, S., Daoud, L., Habashneh, A., Fariz, R., & Aldamisi, R. (2022). The impact of innovation on customer satisfaction in commercial banks: Business performance as a mediating variable. *Uncertain Supply Chain Management*, 10(4), 887–894. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2022.3.006>.

- Miao, R., Cao, Y., Cheng, M., Yu, J., & Xi, N. (2023). Join forces from top and bottom: The influential mechanism of job crafting, high-performance work system on employee innovation behavior. *Current Psychology*, 42, 25917–25930. <https://doi.org/10.1007/s12144-022-03525-w>.
- Mihardjo, L. W. W., & Rukmana, R. A. (2018). Does digital leadership impact directly or indirectly on dynamic capability? Case on Indonesia telecommunication industry in digital transformation. *The Journal of Social Sciences Research, Special Issue 2*, 832–841. <https://doi.org/10.32861/jssr.spi2.832.841>.
- Mihardjo, L. W. W., Sasmoko, Alamsjah, F., & Elidjen. (2019). Digital leadership impacts on developing dynamic capability and strategic alliance based on market orientation. *Polish Journal of Management Studies*, 19(2), 285–297. <https://doi.org/10.17512/pjms.2019.19.2.24>.
- Naeem, R. M., Channa, K. A., Hameed, Z., Arain, G. A., & Islam, Z. U. (2021). The future of your job represents your future: A moderated mediation model of transformational leadership and job crafting. *Personnel Review*, 50(1), 207–224. <https://doi.org/10.1108/PR-07-2019-0404>.
- Nguyen, T. P. L. (2023). Factors affecting innovative behavior of Vietnamese enterprises employees. *International Journal of Innovation Science*, 15(1), 186–203. <https://doi.org/10.1108/IJIS-09-2021-0166>.
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Omol, E. J. (2024). Organizational digital transformation: From evolution to future trends. *Digital Transformation and Society*, 3(3), 240–256. <https://doi.org/10.1108/DTS-08-2023-0061>.
- Özay, M. A., & Kaymaz, K. (2023). Yenilikçi iş davranışı ve öncülleri üzerine bir araştırma. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25(1), 275–293. <https://doi.org/10.32709/akusosbil.1053063>.
- Petrou, P., Demerouti, E., Peeters, M.C.W., Schaufeli, W.B. and Hetland, J. (2012). Crafting a job on a daily basis: Contextual correlates and the link to work engagement. *Journal of Organizational Behavior*, 33, 1120–1141. <https://doi.org/10.1002/job.1783>.
- Pham, T. P. T., Nguyen, T. V., Nguyen, P. V., & Ahmed, Z. U. (2024). The pathways to innovative work behavior and job performance: Exploring the role of public service motivation, transformational leadership, and person-organization fit in Vietnam's public sector. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(3), 100315. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100315>.
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J.-Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology*, 88(5), 879–903. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.5.879>.

- Pulley, M. L., Sessa, V. I., & Malloy, M. (2002). E-leadership: A two-pronged idea. *T+D*, *56*(3), 35–38.
- Rudolph, C. W., Katz, I. M., Lavigne, K. N., & Zacher, H. (2017). Job crafting: A meta-analysis of relationships with individual differences, job characteristics, and work outcomes. *Journal of Vocational Behavior*, *102*, 112–138. <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2017.05.008>.
- Sasmoko, Mihardjo, L. W. W., Alamsjah, F., & Elidjen, E. (2019). Dynamic capability: The effect of digital leadership on fostering innovation capability based on market orientation. *Management Science Letters*, *9*(12), 2135–2146. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2019.6.005>.
- Scott, S. G., & Bruce, R. A. (1994). Determinants of innovative behavior: A path model of individual innovation in the workplace. *Academy of Management Journal*, *37*(3), 580–607. <https://doi.org/10.2307/256701>.
- Shin, J., Mollah, M. A., & Choi, J. (2023). Sustainability and organizational performance in South Korea: The effect of digital leadership on digital culture and employees' digital capabilities. *Sustainability*, *15*(3), 2027. <https://doi.org/10.3390/su15032027>.
- Siengthai, S., Swierczek, F., & Bamel, U. K. (2019). The effects of organizational culture and commitment on employee innovation: Evidence from Vietnam's IT industry. *Journal of Asia Business Studies*, *13*(4), 719–742. <https://doi.org/10.1108/JABS-03-2018-0084>.
- Slemp, G. R., & Vella-Brodrick, D. A. (2014). Optimising employee mental health: The relationship between intrinsic need satisfaction, job crafting, and employee well-being. *Journal of Happiness Studies: An Interdisciplinary Forum on Subjective Well-Being*, *15*(4), 957–977. <https://doi.org/10.1007/s10902-013-9458-3>.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6th ed.). Pearson.
- Tanucan, J. C. M., Negrido, C. V., & Malaga, G. N. (2022). Digital leadership of school heads and job satisfaction of teachers in the Philippines during the pandemic. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, *21*(10), 1–18. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.10.1>.
- Thun, S., & Bakker, A. B. (2018). Empowering leadership and job crafting: The role of employee optimism. *Stress and Health*, *34*(4), 573–581. <https://doi.org/10.1002/smi.2818>.
- Tigre, F. B., Curado, C., & Henriques, P. L. (2023). Digital leadership: A bibliometric analysis. *Journal of Leadership & Organizational Studies*, *30*(1), 40–70. <https://doi.org/10.1177/15480518221114260>.
- Tims, M., & Bakker, A. B. (2010). Job crafting: Towards a new model of individual job redesign. *SA Journal of Industrial Psychology*, *36*(2), Article 841, 9 pages. <https://doi.org/10.4102/sajip.v36i2.841>.

- Tims, M., Bakker, A. B., & Derks, D. (2012). Development and validation of the job crafting scale. *Journal of Vocational Behavior*, 80(1), 173–186. <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2011.05.009>.
- Tims, M., Bakker, A. B., & Derks, D. (2013). The impact of job crafting on job demands, job resources, and well-being. *Journal of Occupational Health Psychology*, 18(2), 230–240. <https://doi.org/10.1037/a0032141>.
- Tims, M., Bakker, A. B., & Derks, D. (2015). Job crafting and job performance: A longitudinal study. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 24(6), 914–928. <https://doi.org/10.1080/1359432X.2014.969245>.
- Tjoa, Y., & Arief, M. (2022). Determinants of innovative work behavior: The role of job satisfaction as mediation and environmental dynamism as moderating variable. In *5th European International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. <https://doi.org/10.46254/EuIConference.20220445>.
- Turan, M.F., & Özdemir, Y. (2019). İş Şekillendirme ve İşe Adanmışlık Arasındaki İlişki: İlaç Sektöründe Satış Pazarlama Profesyonelleri Üzerinde Yapılan Bir Araştırma, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11(3), 1346-1357. <https://doi.org/10.20491/isarder.2019.675>.
- Turyadi, I., Zulkifli, Z., Tawil, M. R., Ali, H., & Sadikin, A. (2023). The role of digital leadership in organizations to improve employee performance and business success. *Jurnal Ekonomi*, 12(2), 1671–1677.
- Uhl-Bien, M., & Arena, M. (2018). Leadership for organizational adaptability: a theoretical synthesis and integrative framework. *The Leadership Quarterly*, 29(1), 89-104.
- Ulutaş, M., & Arslan, H. (2017). Bilişim liderliği ölçeği: Bir ölçek geliştirme çalışması. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 47(47), 105–124. <https://doi.org/10.15285/maruaebd.338506>.
- Uysal, B. (2014). Çalışma yaşamındaki güncel gelişmeler çerçevesinde iş tasarımı ve iş özelliklerinin proaktif iş davranışına etkisi üzerine bir araştırma [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Vermooten, N., Boonzaier, B., & Kidd, M. (2019). Job crafting, proactive personality and meaningful work: Implications for employee engagement and turnover intention. *SA Journal of Industrial Psychology*, 45(0), a1567. <https://doi.org/10.4102/sajip.v45i0.1567>.
- Wang, H.-J., Demerouti, E., & Le Blanc, P. (2017). Transformational leadership, adaptability, and job crafting: The moderating role of organizational identification. *Journal of Vocational Behavior*, 100, 185–195. <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2017.03.009>.
- Wang, P., & Hou, Y. (2023). How does commitment affect employee's innovative behavior? A time-lagged study. *SAGE Open*, 13(4). <https://doi.org/10.1177/21582440231216568>.

- Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation*. Harvard Business Review Press.
- Wrzesniewski, A. (2014). Engage in job crafting. İçinde J. E. Dutton & G. M. Spreitzer (Eds.), *How to be a positive leader: Small actions, big impact* (pp. 76–85). San Francisco, CA: Berrett-Koehler Publishers.
- Wrzesniewski, A., & Dutton, J. E. (2001). Crafting a job: Revisioning employees as active crafters of their work. *Academy of Management Review*, 26(2), 179–201. <https://doi.org/10.5465/amr.2001.4378011>.
- Yavuz, M. (2018). İş zanaatkârlığı ile bireysel performans çıktıları arasındaki ilişkide çalışanların dışsal prestij ve kurum destek algılarının rolü [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Zhu, J., Zhang, B., Xie, M., & Cao, Q. (2022). Digital leadership and employee creativity: The role of employee job crafting and person-organization fit. *Frontiers in Psychology*, 13, 827057. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.827057>.
- Zhuang, H., Liu, Y., & Yu, Z. (2024). Influence of digital leadership on employees' digital creativity based on the research perspective of the mediating effect of job crafting. *Journal of Electrical System*, 20(2), 674–682. <https://doi.org/10.52783/jes.1220>.
- Zhou, J., & George, J. M. (2001). When job dissatisfaction leads to creativity: Encouraging the expression of voice. *Academy of Management Journal*, 44(4), 682–696. <https://doi.org/10.2307/3069410>.

EXTENDED ABSTRACT

The rapid development of digital technologies has profoundly transformed organizational structures and business processes (Omol, 2024). In this changing environment, leaders are not only tasked with managing new technologies but also with guiding their teams through the innovations and, at times, challenges brought about by digital transformation. Digital leadership plays a critical role in organizations, emphasizing the ability to effectively use digital tools to enhance networking, collaboration, and innovation (Mihardjo et al., 2019). The increasing need for digital technologies to boost innovation, efficiency, and competitiveness in businesses further highlights the growing importance of digital leadership.

Digital leadership is defined as the combination of leadership abilities and digital technologies to support the decision-making process (Sasmoko et al., 2019). Digital leaders add value to organizations by integrating their leadership skills with digital technologies. Tigre et al. (2023) provide a comprehensive definition of digital leadership, describing it as an ethical and agile mindset that rapidly adapts to change, learns continuously, values employees and diversity, promotes collaboration, and fosters a trust-based culture that enables employees to thrive in a digital environment.

Digital leaders can facilitate the adoption of new digital technologies in the workplace and ease job-related pressures by providing employees with the necessary resources to adapt their tasks and work environments (Zhu et al., 2022). Digital leadership is defined as leaders' ability to use and guide digital technologies which may enable an environment that facilitates employees' job crafting (Zhu et al., 2022). Job crafting can enhance employees' performance and well-being (Wrzesniewski, 2014). Additionally, job crafting enables employees to adjust the meaning of their work to better align with their individual preferences and values (Wrzesniewski & Dutton, 2001).

Job crafting highlights the proactive adjustments employees make to their job boundaries on their initiative to alter the meaning of their work (Wrzesniewski & Dutton, 2001). The Job Demands-Resources (JD-R) Theory (Bakker et al., 2003; Demerouti et al., 2001) explains job demands as specific physiological or psychological costs associated with work, while job resources are defined as elements that are functional in achieving work goals. The balance between job demands and resources enhances employee performance, making employees feel more equipped and motivated to tailor their jobs to align with their abilities and expectations (Rudolph et al., 2017).

Research indicates that leaders play a critical role in employees' motivation to engage in proactive behavior (Fuller et al., 2015; Wang et al., 2017). Research supports the relationship between digital leadership and job crafting. Digital leadership may alleviate job pressure through measures such as providing technical support and empowerment (Zhu et al., 2022). It is anticipated that digital leaders can encourage employees to engage in job crafting by providing resources and promoting structural changes, leading to the formulation of the study's first hypothesis, which suggests that digital leadership has a positive impact on employee job crafting.

Innovative work behavior is defined as the actions of an individual aimed at initiating and implementing new and useful ideas, processes, products, or procedures within their role, workgroup, or organization (De Jong & Den Hartog, 2010). The factors that strengthen innovative work behavior in organizations can be summarized as employees' individual characteristics, leadership styles, team dynamics, organizational attributes, and attitudes toward work. Employees who engage in job crafting tend to find their work more meaningful and can fully focus emotionally, physically, and mentally on their tasks due to increased energy (Turan & Özdemir, 2019). Research indicates positive relationships between job crafting and digital creativity (Zhuang et al., 2024) as well as employee creativity (Zhu et al., 2022). Job crafting is considered one of the factors that lay the groundwork for providing employees with the resources needed to engage in creative and innovative activities. Based on these relationships, it is hypothesized that job crafting fosters innovative work behaviors.

Digital tools enable leaders to establish more efficient and transparent communication channels, fostering the exchange of ideas. Previous research findings indicate that digital leadership positively influences employees' innovative work behaviors (Erhan et al., 2022; Gao & Gao, 2024) and creativity (Zhu et al., 2022; Zhuang et al., 2024). Based on the Job Demands-Resources (JD-R) model and the existing research findings, it is concluded that digital leadership positively influences innovative work behavior.

Digital leaders contribute to fostering innovation within organizations, enabling employees to exhibit innovative behaviors (Büyükbese & Doğan, 2022). Job crafting, which involves employees proactively redesigning their tasks and interactions to balance job demands and resources and enhance their fit with their work (Tims et al., 2012), is one of the factors that can contribute to the impact of digital leadership on innovative behavior within organizations. Job

crafting can serve as a mechanism for activating employees' creativity, increasing job satisfaction, developing a positive work identity, enhancing well-being, and improving job performance (Zhu et al., 2022). Thus, it hypothesized that job crafting serves as a mediating factor in the relationship between digital leadership and employees' innovative work behavior.

The data were collected using a convenience sampling method from white-collar employees working in private companies across various sectors between June and July 2024. A total of 337 usable survey responses were obtained. Ethical approval for the study was granted by the Ethics Committee of Süleyman Demirel University with the decision dated 20.05.2024 and meeting number 149/6.

The demographic distribution of the participants, normality tests, and correlation analyses were conducted using SPSS 25. Confirmatory factor analysis was tested using AMOS 24, while hypothesis testing was performed via SPSS Process Macro. The research findings reveal that digital leadership has a positive impact on employees' innovative work behaviors and that job crafting plays a full mediating role in this relationship. It was found that perceptions of digital leadership strengthen employees' job-crafting, which in turn enhances their innovative work behaviors. Accordingly, the research findings indicate that the relationships between digital leadership, job crafting, and innovative work behavior play a significant role in achieving sustainable success in organizations' digital transformation processes.

The positive impact of digital leadership on innovative work behavior aligns with previous research emphasizing the importance of fostering innovation. A study conducted by Büyükbeşe and Doğan (2022) found that digital leadership significantly and positively influences employees' innovative work behaviors and job performance. Erhan et al. (2022) stated that digital leadership enhances employees' innovative work performance by shaping their behaviors and promoting digital transformation. Digital leadership has been shown to require the effective use of digital tools and strategies to improve employees' job satisfaction and performance. Leaders are accepted as key actors in the development of a digital culture (Cortellazzo et al., 2019). The research findings support this understanding by demonstrating that digital leadership affects innovative work behavior both directly and also indirectly through job crafting.

The research findings indicate that, within the framework of the Job Demands-Resources (JD-R) Theory (Bakker & Demerouti, 2007), digital leadership creates a foundation for employees

to engage in more innovative work behaviors by enhancing job resources that facilitate job crafting. Job crafting strategies help employees balance work demands and resources (Tims et al., 2012). These strategies contribute to organizational success by fostering employees' innovative behaviors (Zhuang et al., 2024). Accordingly, this study contributes to the literature by integrating digital leadership and job crafting into the framework of innovative work behavior. This integrated approach highlights how leadership styles can influence employees' work outcomes through individual, self-initiated behaviors.

Digital leaders prioritize the development of employees' skills and, by leveraging digital technology, stimulate their motivation and autonomy, thereby creating opportunities for job crafting (Zhu et al., 2022). Job crafting enables employees to proactively modify job demands and resources to better align with their skills and interests (Tims et al., 2012). Through job crafting, the new resources and relationships gained allow employees to express their digital creativity and implement innovative behaviors more easily. Similarly, Zhuang et al. (2024), demonstrated that job crafting mediates the relationship between digital leadership and employees' digital creativity.

The research findings emphasize the importance of supporting the development of digital leadership in organizations to promote innovation. Based on this, it is recommended that leaders enhance their knowledge and competencies in the digital field, guide their employees in developing digital skills by providing opportunities, and support employees in job crafting in line with their abilities. With this approach, organizations can create an environment necessary for fostering innovation in the rapidly changing digital landscape by promoting continuous learning and adaptability. Encouraging job crafting by granting employees the autonomy to restructure their jobs and providing the resources needed in this process can help employees feel more engaged and competent in their roles, ultimately increasing job satisfaction and employee commitment (Wrzesniewski & Dutton, 2001).



Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 155-167, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>


Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 07.11.2024 Accepted / Kabul: 03.01.2025

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1580817>

Causality Effects of Capital Accumulation and Employment on Turkey's Economic Growth: Findings from the Toda-Yamamoto Approach

Yaşar TURNA^a

^a Lecturer PhD, Pamukkale University, Çivril Atasay Kamer Vocational School, Finance-Banking and Insurance, Denizli, TURKIYE  <https://orcid.org/0000-0002-3972-9099>

Abstract

A time-dependent change in the amount of goods and services produced in an economy refers to economic growth. Economic growth is considered an important factor in increasing the welfare of a society and in determining the level of development of countries. Therefore, all countries in the world endeavour to increase their economic growth performance. By increasing the economic growth performance of countries, opportunities to compete with other economies increase because of the increase in production activities in the economy. Therefore, economic growth is considered to be one of the most important issues in the economy in terms of its causes and consequences. This framework aims to test the effects of capital accumulation, employment level, and technological progress factors on economic growth in Turkey between 1990-2021. For this purpose, the relationships between the variables were analysed using the Toda-Yamamoto causality test. The analyses revealed that capital accumulation, employment level, and technological progress have a statistically significant relationship with economic growth. This result is consistent with the hypotheses regarding the determinant role of capital, labour, and technology factors in economic growth, which are put forward in Solow's neoclassical growth model and endogenous growth theories.

Keywords

Economic Growth, Capital Accumulation, Employment Level

JEL Classification

E13, E24, O47

Contact Yaşar TURNA ✉ yturna@pau.edu.tr 📧 Pamukkale University, Çivril Atasay Kamer Vocational School, Finance-Banking and Insurance, Denizli, TURKIYE

Citation Turna, Y. (2025). Causality effects of capital accumulation and employment on Turkey's economic growth: findings from the Toda-Yamamoto approach. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 155-167.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Türkiye’de Sermaye Birikimi ve İstihdam Düzeyinin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Nedensellik Etkisi: Toda-Yamamoto Yaklaşımından Bulgular

Öz

Bir ekonomide üretilen mal ve hizmet miktarının zamana bağlı değişimi ekonomik büyümeyi ifade etmektedir. Ekonomik büyüme bir toplumda refah artışının sağlanmasında ve ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin belirlenmesinde önemli bir etken olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle dünyada tüm ülkeler ekonomik büyüme performanslarının artırılabilmesi için çaba sarf etmektedirler. Ülkelerin ekonomik büyüme performansının artırılması ile ekonomide üretim faaliyetlerinin artışına bağlı olarak diğer ekonomilerle rekabet etme imkanları da artmaktadır. Dolayısıyla ekonomik büyüme nedenleri ve sonuçları itibarıyla ekonomide en çok üzerinde durulan konulardan biri olarak değerlendirilmektedir. Bu çerçevede Türkiye’de 1990-2021 yılları arasında sermaye birikimi, istihdam düzeyi ve teknolojik ilerleme faktörlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin test edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaca yönelik olarak değişkenler arasındaki ilişkiler Toda-Yamamoto nedensellik testi ile analiz edilmiştir. Yapılan analizlerde sermaye birikimi, istihdam düzeyi ve teknolojik ilerlemenin ekonomik büyüme ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, Solow ‘un neoklasik büyüme modeli ve endojen büyüme teorilerinde öne sürülen sermaye, emek ve teknoloji faktörlerinin ekonomik büyüme üzerindeki belirleyici rolüne ilişkin hipotezlerle uyumlu olarak değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler
Ekonomik Büyüme,
Sermaye Birikimi,
İstihdam Düzeyi

JEL Classification
E13, E24, O47

1. Introduction

The settlement of people in the world and the increase in population brought about the necessity of production, and communities engaged in output production activities in order to survive. This output production activity is important in terms of showing the size and competitiveness of economies and expressing economic growth. In this context, economic growth is expressed by an increase in gross domestic product (GDP), which is defined as the monetary value of final goods and services produced in an economy in a certain period (Timur and Doğan, 2015). Therefore, a change in the amount of goods and services produced in an economy over time represents economic growth. Economic growth is considered an important factor in increasing the welfare of a society and in determining the development levels of countries. For this reason, all countries strive for economic growth (Alancioğlu and Utlu, 2012). As a result of these efforts, it can be said that developed countries exhibit higher economic growth performance, while underdeveloped countries' growth performance remains at lower levels (Timur and Doğan, 2015).

Economic growth is one of the most important macroeconomic indicators and performance criteria of an economy. Economic growth is one of the most discussed topics in economics in terms of its results and sources of growth. When the literature on economic growth is examined, it is

observed that there are many theories on the sources of economic growth. This shows that each theory has different perspectives on economic growth. These differences in growth also bring about the differentiation of policy recommendations (Erdem and Dumrul, 2014).

When evaluated chronologically, modern growth theories are based on the work of Ramsey (1928). Over time, Ramsey determined the optimal condition by integrating growth theory based on household optimisation. It is difficult to discuss consumption theory, the asset pricing model, and business cycle models without considering the optimality conditions proposed by Ramsey. However, Ramsey's studies were not accepted, and became widespread until the 1960s. Ramsey, together with Harrod and Domar, worked on integrating Keynesian analysis with economic growth in the late 1950s. In this context, production functions with low substitution rates between inputs are used. Although these initiatives carried out by Ramsey, Domar and Harrod constituted a reference to many studies at that time, these analyzes are not thought to be very effective today. However, Solow (1956) and Swan (1956) claimed the most important contributions to growth theories. The main feature of the Solow-Swan model is that it is based on conditions of constant returns to scale, each of which has diminishing returns, and uses a neoclassical production function based on the positive elasticity of substitution between inputs. This production function is based on fixed savings rates using simple general equilibrium modelling in the economy. Another assumption of the neoclassical growth model is that, if technological developments are ignored, the per capita growth rate will stop. This assumption is based on the assumption of diminishing returns on capital. Economists advocating neoclassical growth in the 1960s realised this deficiency of the model and assumed that technological progress was external (Barro and Sala-i Martin, 2004).

When the neoclassical production function is examined based on neoclassical growth theory, it is assumed that household rights have inputs and assets. These units consume part of their income and save the remaining part. Another actor in the economy is a company. Companies rent capital and labour inputs and use them in the production of goods that they want to sell to other companies and households. Therefore, companies are considered to have knowledge, equipment, and technology to transform inputs into outputs (Ateş, 1996). In this context, the production function is defined when considering a function that converts inputs into outputs and uses technology.

$$Y_t = F[\lambda K_t, \lambda L_t, T_t] = \lambda[K_t, L_t, T_t] \quad \text{for } \lambda > 0 \quad (1)$$

This can be expressed as follows. In the defined production function, Y_t is the amount of output produced at time t , K_t is the capital accumulation at time t , L_t is the employment level at time t , and A_t is technological development at time t . For a function to be considered a neoclassical production function, certain conditions must be met. The first condition is the assumption of constant returns to scale. In other words, when we multiply the input amount by λ , the output amount increases by λ . However, the assumption of constant returns to scale covers only two inputs: labour and capital. Another condition in defining the neoclassical production function is that inputs exhibit positive but diminishing returns. Another condition is that the marginal product of capital approaches infinity as capital approaches zero and approaches zero as capital approaches infinity (inada conditions) (Barro and Sala-i Martin, 2004).

Based on these explanations, economic growth performance in an economy provides information about the increase in welfare and level of development of countries. However, there are different theoretical approaches and policies in the literature regarding the sources of economic growth and the factors affecting this growth. The motivation for this study is to empirically analyse the impact of capital accumulation, employment level, and technological progress on economic growth in Turkey based on neoclassical growth theory. In this framework, the main hypothesis of the study is that capital accumulation, employment level, and technological progress have significant causal effects on economic growth. This hypothesis is tested using the Toda-Yamamoto causality test, based on the assumptions of neoclassical growth theory. In this framework, a literature review, empirical applications, and application results are provided in the following sections of the study.

2. Literature

Although many domestic and foreign studies examine the relationships between capital accumulation, employment level, technological development, and economic growth, it is noteworthy that there is no consensus in the literature. The reason for this may be that the datasets, samples, or methods used in the analyses were different. In this context, there have been some studies in the literature with different results. Şiriner and Doğru (2005) analysed the factors affecting economic growth in the post-1980 period in their study. As a result of their study, they concluded that unemployment level, capital accumulation, level of investments, R&D investments, financial discipline and public financing deficits affect economic growth. Ay and Yardımcı (2008)

analysed the effects of human and physical capital on economic growth in Turkey between 1950 and 2000. They conclude that human and physical capital affect economic growth. Bayraktutan and Arslan (2008) analysed the relationship between economic growth and fixed investments in Turkey between 1980 and 2006. The study concludes that fixed capital investments positively affect economic growth in the long term. Muratoğlu (2011) analysed the causality relationship between economic growth and employment levels in Turkey between 2000 and 2011. The study found no causal relationship between economic growth and employment level. Altuntepe and Güner (2013) analysed the relationship between employment level and economic growth in Turkey between 1988 and 2011. They concluded that developments in employment levels affected economic growth. Cinel (2014) analysed the impact of variables such as capital accumulation, employment level, and population on economic growth in Turkey in the post-1980 period. As a result of his study, it was concluded that investments and employment do not affect economic growth. Şahbaz (2014) analysed the relationship between economic growth, employment level, and fixed investments in European Union countries and Turkey between 1991 and 2011. He concluded that fixed capital investments and employment levels cause economic growth in the long term. Kaitila (2016) analysed the relationship between the terms of trade, fixed capital, and economic growth in Russia between 1995 and 2013. The study concluded that terms of trade positively affected fixed capital and economic growth. Koyuncu (2017) analysed the relationship between economic growth, employment level, and foreign direct investments in Turkey between 1990 and 2015. As a result of his study, he concluded that foreign direct investments cause economic growth and economic growth also causes employment. Afshar et al. (2017) analysed the relationship between economic growth, employment, and unemployment in Turkey between the 2000Q1 and 2016Q1 periods. They conclude that economic growth causes unemployment and positively affects employment. Teyyare (2018) analysed the relationship between fixed capital investments and economic growth in Turkey between 1963 and 2014. The study concludes that fixed capital investments positively affect economic growth. Salmanzadeh-Meydani and Ghomi (2019) analysed the relationship between economic growth, capital accumulation, and energy consumption in Iran between 1975 and 2011. They concluded that there is a bidirectional causal relationship between energy consumption and economic growth. Mahmoudinia et al. (2020) analysed the long- and short-term relationships between economic growth, population, and capital accumulation in member countries of the Organization of Islamic Cooperation between 1980 and

2018. The study concludes that capital stock and population have a positive effect on economic growth in the long run. Chishti (2022) analysed the relationship between economic growth, demographic factors, and capital accumulation in Pakistan between 1960 and 2018. The study concluded that demographic factors reduce capital accumulation, and therefore, economic growth is negatively affected. Oli (2024) analysed the effects of domestic and foreign capital flows on economic growth and employment in 43 low- and middle-income economies and concluded that both domestic and foreign capital have an impact on economic growth and employment in low- and middle-income countries. El Asli et al. (2024) analysed the effects of productivity (total factor productivity), capital investment, employment, human capital and energy intensity, which are the main determinants of Moroccan economic growth, and concluded that human capital, energy intensity and productivity factors significantly affect economic growth.

3. Dataset and Model

In this study, the effects of capital accumulation, employment level, and technological development level on economic growth in the Turkish economy between 1990 and 2021 were analysed using the Toda-Yamamoto causality test method. The data used in the analysis were obtained from the Total Economy Database (Total Economy Database [TED], 2024), and are included in the table below.

Table 1

Variables Description

Variables	Variables description
Y	Real GDP at constant 2017 national prices (in mil. 2017US\$)
K	Capital stock at constant 2017 national prices (in mil. 2017US\$)
L	Number of persons engaged (in millions)
A	TFP at constant national prices (2017=1)

Note. The data in the table were analysed linearly without any transformation.

Among the variables in the table, Y is defined as real GDP, K: capital accumulation, L: employment level and A: total factor productivity representing technological development. The linear model established based on the neoclassical production function used in the study is;

$$Y = \beta_1 + \beta_2 A + \beta_3 K + \beta_4 L + \varepsilon_t \quad (2)$$

It is defined as: Descriptive statistics for the variables included in the model are given in the table below.

Table 2

Descriptive Statistics

Variables	Mean	Median	Max	Min	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis
Y	4.4141	5.8591	10.6161	-5.9214	4.3838	-1.0815	3.3267
A	-0.0302	0.5182	6.6309	-11.313	4.1145	-0.8322	3.4050
K	6.7068	7.0905	10.4446	1.6584	2.0983	-0.2268	2.7108
L	1.3100	1.8119	11.7610	-16.364	4.4066	-1.6810	9.9338

4. Methodology and Application Results

The Toda-Yamamoto causality test was developed by Hiro Y. Toda and Taku Yamamoto in 1995. The Toda-Yamamoto causality test is generally defined as an improved form of the Granger causality test. In this context, the Toda-Yamamoto causality test ignores the condition that the variables in the Granger causality test are stationary at the same level (Doğan, 2017). In this way, the data loss that occurs when the differences of the non-stationary series are taken according to their stationarity level in the Granger causality test does not occur in the Toda-Yamamoto causality test (Meçik and Koyuncu, 2020). This situation shows the advantage of the Toda-Yamamoto causality test over the Granger causality test. Another problem of the Granger causality test is the extreme sensitivity of the test to lag length. For this reason, it is important for the accuracy of the results to find the correct lag length (Yenilmez and Erdem, 2018). At the same time, since the Granger causality test also takes into account the co-integration relationship between the variables, it may lose its effectiveness if the integration relationship between these variables is disturbed. In the Toda-Yamamoto causality test, analyzes are carried out on the basis of the level values of the variables and without taking the co-integration relationship into account. When performing the Toda-Yamamoto causality test, the unit root test is used at the maximum stationarity level of the variable (d_{max}). The Toda-Yamamoto causality test is performed using the VAR model. Therefore, the causality relationship between the variables is tested using the Wald test. To determine the appropriate lag length (k) between the variables, the variables must first be estimated using the VAR model. In addition, unit root tests are applied to the data to determine the maximum stationarity level of the variables. This is because in order to perform the Toda-Yamamoto causality test, the VAR model must be recreated with a lag length of $k+d_{max}$. After the VAR model is appropriately estimated, diagnostic tests must be performed to check the reliability of the model (Medetoğlu and Doğru, 2022). Accordingly, assuming that two variables such as X and Y are used

in the analysis, the VAR model is estimated with $k + d_{max}$ lag length for the Toda-Yamamoto causality test;

$$Y_t = \omega + \sum_{i=1}^k a_{1i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \delta_{1j} X_{t-j} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \theta_{1j} Y_{t-j} + \varepsilon_{1t} \quad (3)$$

$$X_t = \varphi + \sum_{i=1}^k a_{2i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{2i} Y_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \delta_{2j} X_{t-j} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \theta_{2j} Y_{t-j} + \varepsilon_{2t} \quad (4)$$

It is expressed as (Medetoğlu and Doğru, 2022). In this context, the results of the VAR model created to determine the appropriate lag length for the variables are presented in the following table.

Table 3

Choosing The Appropriate Lag Length Criteria

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-248.6823	---	243.2465	16.8454	17.0323	16.90525
1	-207.4416	68.7345*	45.7786*	15.1627*	16.0969*	15.4616*
2	-198.1667	12.9848	76.3829	15.6111	17.2925	16.1490

Based on the results of the selection criteria LogL, LR, FPE, AIC, SC and SC in the table, the suitable lag length was determined as $k = 1$. Once the appropriate lag length has been selected, the d_{max} value must be determined on the basis of unit root tests for the variables. The results of the unit root tests applied to the variables are therefore shown in the table below.

Table 4

ADF and PP Unit Root Test Results

Variables	ADF		PP	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
Y	-5.9514***	-----	-6.7054***	-----
A	-7.5468***	-----	-8.4906***	-----
K	-3.0583**	-5.8991***	-2.9668**	-7.8726***
L	-5.8708***	-----	-5.8669***	-----

The results of the Augmented Dickey Fuller and Philips Perron unit root tests for the variables used in the analysis show that all variables are at the [I(0)] level. In this case, $d_{max} = 0$.

Therefore, the result $k+d_{max}=1$ is obtained. Based on this result, the VAR model was retested and the Toda-Yamamoto causality test was applied. The results of the Toda-Yamamoto causality test are shown in the table below.

Tablo 5
Toda-Yamamoto Causality Test Results

Variables	Wald test	Probability Value
A=>Y	5.3349	0.0209**
K=>Y	4.5819	0.0323**
L=>Y	3.1754	0.0747*
Y=>A	6.8714	0.0087***
Y=>K	5.3707	0.0204**
Y=>L	1.2755	0.2587

According to the results of the Toda-Yamamoto causality test, a causal relationship was established between total factor productivity, capital accumulation and the level of employment and economic growth. In addition, a causal relationship was found between economic growth, total factor productivity and capital accumulation. However, no causal relationship was found between economic growth and the level of employment.

5. Result and Discussion

In this study, in which the effects of capital accumulation, employment level and technological development level on economic growth in the Turkish economy between 1990 and 2021 were analysed, the relationship between the variables was examined by Toda-Yamamoto causality test. As a result of the analysis, a causal relationship was found between total factor productivity, capital accumulation and employment levels and economic growth. In addition, a causal relationship was established between economic growth, total factor productivity and capital accumulation. However, no causal relationship was found between economic growth and the level of employment.

From these results, it can be concluded that capital accumulation, employment levels and technological development contribute to economic growth in Turkey. This result is consistent with growth theories. Therefore, it is important for policy makers to make investments that increase

capital accumulation and ensure technological progress. In this way, the development of capital accumulation and technological progress will promote employment and increase labour productivity by contributing to the degree of specialisation in the division of labour. On the other hand, the existence of a causal relationship between economic growth and capital accumulation can be evaluated as the contribution of economic growth to capital accumulation. It can be expressed that economic growth contributes to the growth of sectors. At the same time, the existence of a causal relationship between economic growth and total factor productivity can be interpreted to mean that technical progress also goes hand in hand with economic growth and contributes to technical development. However, the lack of a causal relationship between economic growth and employment levels points to an important problem. This situation can be interpreted to mean that growth does not create employment. The fact that economic growth does not contribute to reducing unemployment, which is one of the basic macroeconomic objectives, can be seen as an important structural problem. This is due to unregistered employment, etc. It can also be caused by other factors. For this reason, policy makers can take measures for employment by strengthening controls on employees and employers. If there is no shadow economy, then the question of why employment levels are not increasing while the production of goods and services is increasing can be the subject of in-depth research. In this context, it is important to increase incentives to increase employment. It may also be necessary to analyse the wage equilibrium in the labour market.

Therefore, the results of this study support the views of Barro (1991) and Mankiw, Romer, and Weil (1992) that capital accumulation is an important source of growth, especially in low- and middle-income economies. This also coincides with the view in endogenous growth theories that capital accumulation will create continuous effects on growth through technological innovations and productivity increases. However, the effect of capital and total factor productivity on growth in this study also contradicts the idea that growth in energy-intensive sectors in Aghion and Howitt's (1998) model may limit the effects on employment. In conclusion, this study is largely consistent with growth theories in the literature and makes an important contribution to the understanding of growth dynamics in developing countries, such as Turkey. However, more detailed studies to understand the reasons for this limited impact on employment may fill this gap.

Declaration of Research and Publication Ethics

This study which does not require ethics committee approval and/or legal/specific permission complies with the research and publication ethics.

Researcher's Contribution Rate Statement

Since the author is the sole author of the article, the contribution rate is 100%.

Declaration of Researcher's Conflict of Interest

There are no potential conflicts of interest in this study.

References

- Afşar, B., Cura., F. & Tekkulak, M. (2017). İktisadi büyüme ve istihdam ilişkisi: Türkiye uygulaması (2000-2015). *Turkish Studies*, 12(12), 1-20.
- Aghion, P., & Howitt, P. (1998). Endogenous growth theory. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/6386.001.0001>
- Alancıoğlu, E. & Utlu, S. (2012). İstihdam ve ekonomik büyüme: Türkiye örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), 189-206.
- Altuntepe, N., & Güner, T. (2013). Türkiye'de istihdam-büyüme ilişkisinin analizi (1988-2011). *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 5(1), 73-84.
- Ateş, S. (1996). Ekonomik büyümeye yaklaşımlar ve yakınsama sorunu. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(1).
- Ay, A., & Yardımcı, P. (2008). Türkiye'de Beşeri Sermaye Birikimine Dayalı Ak Tipi İçsel Ekonomik Büyümenin Var Modeli İle Analizi. *Maliye Dergisi*, 155, 39-54.
- Barro, R. J. (1991). Economic growth in a cross section of countries. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407-443. <https://doi.org/10.2307/2937943>
- Barro, R., & Sala-i-Martin, X. (2004). *Economic growth* second edition.
- Bayraktutan, Y., & Arslan, İ. (2008). Türkiye'de sabit sermaye yatırımlarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi: Ko-entegrasyon analizi (1980-2006). *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2008(1), 1-12.
- Chishti, M. Z. (2022). Analysis of the nexus between demographic changes and economic growth in Pakistan: role of capital stock. *Iranian Economic Review*, 26(3), 489-510.
- Cinel, E. A. (2014). Türkiye'de ekonomik büyümenin belirleyicileri (1980-2011). *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 4(8), 15-26.
- Doğan, B. (2017). Ekonomik küreselleşme ve büyüme ilişkisi: Türkiye örneği Toda-Yamamoto nedensellik analizi. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (628), 19-27.
- El Asli, H., Azeroual, M., Mekkaoui, Y., & Jamil, Y. (2024). How Productivity, Capital Investment, Employment, Human Capital and Energy Are Affecting Economic Growth in Morocco? An ARDL, FMOLS, DOLS and CCR Approaches. *Economics-Innovative and Economics Research Journal*, 12(3), 225-255.
- Erdem, E., & Dumrul, C. (2014). Keynesyen ve neo-klasik yaklaşımlarda finansal sistem ve iktisadî büyüme. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33(2), 45-86.
- Kaitila, V. (2016). GDP growth in Russia: different capital stock series and the terms of trade. *Post-Communist Economies*, 28(2), 129-145.

- Koyuncu, F. T. (2017). Doğrudan yabancı yatırımlar, ekonomik büyüme ve istihdam arasındaki ilişki: Türkiye uygulaması (1990-2015). *International Journal of Social and Economic Sciences*, 7(2), 17-24.
- Mahmoudinia, D., Hosseini Kondelaji, M. H., & Jafari, S. (2020). The causality relationship between population, economic growth and capital stock in OIC countries and its policy aspects. *International Journal of New Political Economy*, 1(2), 117-132.
- Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407-437. <https://doi.org/10.2307/2118477>.
- Meçik, O., & Koyuncu, T. (2020). Türkiye’de göç ve ekonomik büyüme ilişkisi: Toda-Yamamoto nedensellik testi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 9(3), 2618-2635.
- Medetoğlu, B., & Doğru, E. (2022). Toda-Yamamoto Testi ile Nedensellik İlişkisi Tespiti: Değerli Metaller Üzerine Bir Uygulama. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(4), 747-757.
- Muratoğlu, Y. (2011). Büyüme ve istihdam arasındaki ilişki: Türkiye örneği. *In International Conference on Eurasian Economies*, Bishkek-Kyrgyzstan (pp. 12-14).
- Oli, S. K. (2024). Impact of Domestic and Foreign Capital on Economic Growth and Employment: Empirical Analysis of 43 Lower Middle-income Economies. *Economic Journal of Development Issues*, 37(1), 79-95.
- Salmanzadeh-Meydani, N., & Ghomi, S. F. (2019). The causal relationship among electricity consumption, economic growth and capital stock in Iran. *Journal of Policy Modeling*, 41(6), 1230-1256.
- Şahbaz, A. (2014). Sabit sermaye yatırımları ve ekonomik büyüme ilişkisi: Panel nedensellik analizi. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(1), 1-2014711132.
- Şiriner, İ., & Doğru, Y. (2005). Türkiye ekonomisinin büyüme dinamikleri üzerine bir değerlendirme. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 3(2), 163-184.
- Teyyare, E. (2018). Sektörel bazda sabit sermaye yatırımlarının ekonomik büyüme üzerinde etkisi: Türkiye örneği. *Maliye Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 115-129.
- Total Economy Database (2024). <https://www.conference-board.org/data/economydatabase> (Access Date: 29.01.2024).
- Timur, C., & Doğan, Z. (2015). İstihdam yaratmayan büyüme: Türkiye analizi. *Ardahan Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(2), 231-247.
- Yenilmez, F., & Erdem, M. S. (2018). Türkiye ve Avrupa Birliği’nde ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişki: Toda-Yamamoto nedensellik testi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(1), 71-95.





Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 169-207, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 15.11.2024 Accepted / Kabul: 03.01.2025

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1586216>

BRICS Ülkeleri Arasında Borsa Entegrasyonu: Dalgacık Yaklaşımı

Nuray YÜZBAŞIOĞLU^a

^a Dr. Öğ. Gör., Adnan Menderes Üniversitesi, Nazilli Meslek Yüksekokulu, Finans, Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, Nazilli / Aydın, TÜRKİYE  <https://orcid.org/0000-0001-7409-4263>

Öz

Bu çalışmada beş BRICS ülkesinin borsa endeksleri arasındaki kısa ve uzun vadeli frekanslarda zamanla değişen entegrasyon dalgacık dönüşümü ile incelenmiştir. 3 Ocak 2004 ile 29 Aralık 2023 tarihleri arasındaki günlük borsa açılış verileri kullanılarak hisse senetlerinin günlük borsa açılış fiyatlarına dayalı ortalama log-getiri değerleri analiz edilmiş beş BRICS ülkesinin kısa ve uzun vadedeki borsa ilişkileri karşılaştırılmıştır. Bulgular incelenen ülkelerin borsaları arasında kısa vadede düşük korelasyon seviyeleri olduğunu göstermiştir. Ayrıca bu borsaların kısa vadeli şoklara karşı bağımsız hareket etme eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Uzun vadede BRICS ülkelerinin borsaları arasında güçlü bir korelasyon olduğu saptanmıştır. Brezilya, Hindistan ve Güney Afrika borsalarının birbirini etkilediği Çin'in ise kısa vadede bağımsız kalmasına rağmen uzun vadede Rusya ile güçlü bir ilişki geliştirdiği ortaya çıkmıştır. Güney Afrika borsasının kırılmalı bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. Brezilya borsasının Hindistan borsası üzerinde yönlendirici bir etkisi olduğu görülmüştür. Brezilya ve Hindistan borsaları küresel piyasalara daha fazla entegre olurken Rusya ve Çin borsalarının daha bağımsız bir seyir izlediği sonucuna ulaşılmıştır. Analiz sonuçları BRICS ülkeleri borsaları arasında entegrasyonun büyük ölçüde uzun vadede gerçekleştiğini göstermektedir. Elde edilen bulgular, portföy çeşitlendirmesi ve risk yönetimi modellerinin geliştirilmesi için yeni bir perspektif sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler
BRICS Ülkeleri,
Dalgacık Dönüşümü,
Borsa Endeksleri

JEL Kodu
G11, G15, G32

İletişim Nuray YÜZBAŞIOĞLU ✉ nuray.yuzbasioğlu@adu.edu.tr Adnan Menderes Üniversitesi, Nazilli Meslek Yüksekokulu, Finans, Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, Nazilli / Aydın, TÜRKİYE

Atıf Yüzbaşıoğlu, N. (2025). BRICS Ülkeleri arasında borsa entegrasyonu: dalgacık yaklaşımı. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 169-207.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Stock Market Integration Among BRICS Countries: A Wavelet Approach

Abstract

In this study, the short- and long-term integration among the stock market indices of the five BRICS countries is analyzed over time using wavelet transform. The analysis is based on daily stock market opening data from January 3, 2004, to December 29, 2023, with average log-return values derived from the daily stock opening prices. The relationships between the stock markets of the five BRICS countries in both the short and long term are compared. The results show that there are low correlation levels among the stock markets of the countries in the short term. Additionally, these stock markets tend to move independently in response to short-term shocks. In the long term, a strong correlation is found between the stock markets of the BRICS countries. It was found that the stock markets of Brazil, India, and South Africa influence each other, while China, although independent in the short term, develops a strong relationship with Russia in the long term. The South African stock market is identified as having a fragile structure. Brazil's stock market has a guiding effect on India's stock market. While the Brazilian and Indian stock markets are more integrated into global markets, the Russian and Chinese stock markets follow a more independent trajectory. The analysis indicates that the integration of the BRICS stock markets largely occurs in the long term. The findings provide a new perspective for developing portfolio diversification and risk management models.

Keywords

BRICS Countries, Wavelet Transform, Stock Market Indices

JEL Classification

G11, G15, G32

1. Giriş

Günümüzde hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin borsaları arasındaki entegrasyon artış göstermektedir. Borsa entegrasyonu, farklı finansal piyasalar arasındaki ilişkileri ve etkileşimleri tanımlamakta, piyasalardaki fiyatların getirilerin ve risklerin birbirine ne ölçüde bağlı olduğunu göstermektedir. Yüksek entegrasyon, piyasalardaki fiyatların ve getirilerin birbirine daha çok benzemesi ve ortak hareket etmesi anlamına gelirken düşük entegrasyon ise piyasalardaki hareketlerin birbirinden bağımsız olduğunu ifade etmektedir. Entegrasyon seviyesi, yatırımcıların piyasalardaki fırsatları nasıl değerlendirecekleri ve ekonomik olayların piyasalardaki etkilerine bağlı olarak alacakları kararlarda önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda borsa entegrasyonu küresel ekonomik şoklara verilen tepkilerin anlaşılması ve kriz dönemlerinde etkili risk yönetimi stratejileri geliştirilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Aynı zamanda yatırımcılara portföy çeşitlendirme ve risk azaltma konularında önemli fırsatlar sunmaktadır. Dolayısıyla borsalar arasındaki kısa ve uzun vadeli ilişkilerin tahmin edilmesi hem yatırımcılar hem de politika yapıcılar için stratejik bir değer taşımaktadır.

BRICS ülkeleri dünya ekonomisinde artan önemleri ve yüksek büyüme potansiyelleri nedeniyle yatırımcıların dikkatini çekmektedir. Ancak bu ülkeler arasındaki finansal entegrasyonun dinamik yapısı ve kriz dönemlerinde nasıl değiştiği yeterince incelenmemiştir. Bu

çalışmada, dalgacık dönüşüm analizi kullanılarak beş BRICS ülkesi borsası arasındaki entegrasyonun kısa ve uzun vadeli dinamikleri incelenmiştir. Çalışmada, özellikle 2008 küresel finansal krizi ve COVID-19 pandemisi gibi kriz dönemlerinde BRICS borsalarının entegrasyon düzeyindeki değişiklikler analiz edilmiştir. BRICS, Brezilya (Brazil), Rusya (Russia), Hindistan (India), Çin (China) ve Güney Afrika'nın (South Africa) baş harflerinden oluşan bir kısaltmadır. Ekonomik büyüme potansiyelleri yüksek olan bu beş büyük gelişen ekonomiyi tanımlamak için BRICS kısaltması kullanılmaktadır. Başlangıçta BRIC olarak adlandırılan grup 2011 yılında Güney Afrika'nın katılımıyla BRICS adını almıştır. BRICS ülkeleri dünya nüfusunun büyük bir kısmını küresel ekonomik üretimin önemli bir bölümünü ve uluslararası ticarete önemli payı temsil eden bir blok olarak kabul edilmektedir. Bu ülkeler dünya nüfusunun %42'sine, küresel GSYİH'nin yaklaşık %26'sına ihracatın %21'ine ve petrol üretiminin %19'una sahiptir (Lu, 2023).

BRICS ülkeleri arasında resmi bir tüzük olmamasına rağmen bu oluşum zamanla kurumsal bir yapı kazanmıştır. Üye ülkeler arasındaki siyasi iş birliğinin artması ve Yeni Kalkınma Bankası (NDB) gibi ekonomik kurumların kurulması bu süreci hızlandırmıştır. Bu gelişmeler 2017 ile 2022 yılları arasında üyeler arasındaki ticaretin %56 oranında artmasına ve 2010-2020 yılları arasında doğrudan yabancı yatırım (DYY) miktarının altı katına çıkmasına katkıda bulunmuştur. Ancak bu durum ülkeler arasındaki başlangıç seviyelerinde nispeten düşük kalmıştır (Arias, 2023; Unctad, 2023). Üye ülkeler arasındaki ticari faaliyetlerin artması bu ülkelerin finansal borsaları arasındaki entegrasyon seviyelerini de etkilemiştir. Entegrasyon seviyeleri BRICS ülkeleri arasında finansal akışların artması, piyasa likiditesinin yükselmesi ve bilgi paylaşımının güçlenmesi gibi pek çok olumlu etki yaratmıştır. Bu durum yatırımcıların farklı piyasalarda daha fazla fırsat bulmasına olanak tanımış ve riskleri daha etkili bir şekilde dağıtmalarına yardımcı olmuştur. Ülkeler arasındaki ticaret ve yatırım ilişkilerinin artması, hisse senedi piyasalarının birbirine bağımlılığını artırmıştır. Bu durum piyasa dalgalanmalarının daha eş zamanlı yaşanmasına neden olmuştur. Ayrıca BRICS ülkelerinin ekonomik ve siyasi iş birliğinin artması bu ülkelerin mali istikrarını güçlendirmiştir. Ekonomik krizin etkilerini hafifletmek için yapılan ortak girişimler ve projeler, üye ülkelerin ekonomik dayanışmasını artırmış ve bu da yatırımcı güvenini pekiştirmiştir. Dolayısıyla BRICS ülkeleri arasındaki entegrasyon sadece bireysel piyasalarda değil aynı zamanda küresel finansal sistemde de etki yaratmaktadır.

Son yıllarda BRICS ülkeleri arasında giderek artan ekonomik ve finansal iş birliği, bu ülkelerin borsaları arasındaki entegrasyonun önemini daha da artırmıştır. Küreselleşme ve bu

ülkelerin dünya ekonomisinde artan rolü ile birlikte sermaye piyasaları daha fazla entegre olmuş ve buna bağlı olarak öngörülemeyen risk faktörleri de artmıştır. BRICS ülkeleri arasındaki farklı entegrasyon seviyeleri yatırımcılar için getirileri hesaplamayı ve risk yönetimini daha karmaşık hale getirmiştir. Bu bağlamda beklenmeyen olaylar özellikle piyasa oynaklığının yüksek olduğu dönemlerde ciddi zararlar doğurmaktadır. (Maiti, 2021). Bu tür zararları önlemek için yatırımcılar yatırımlarını çeşitlendirmek ve risklerini azaltmak amacıyla farklı BRICS ülkeleri borsalarına yönelmektedirler (Vukovic vd., 2019). Markowitz'in (1952) modern portföy teorisi yatırımcıların özellikle negatif korelasyon gösteren borsalara yatırım yaparak risklerini çeşitlendirebileceklerini öne sürmektedir. BRICS ülkeleri arasındaki borsaların entegrasyonu yatırımcılara hem portföy çeşitlendirmesi hem de risk yönetimi açısından fırsatlar sunarken aynı zamanda bu entegrasyonun dalgalı dönemlerde nasıl şekillendiği de önemli bir araştırma konusu olarak öne çıkmaktadır. Grubel'in (1968) çalışması ve onu takip eden çalışmalar (Levy & Sarnat, 1970; Kasa, 1992; Forbes & Rigobon, 2002) uluslararası portföy çeşitlendirmesi bağlamında BRICS ülkeleri gibi yükselen piyasa ekonomilerinin önemini vurgulamaktadır.

Wang & Moore'a (2008) göre hisse senedi piyasası entegrasyonu farklı borsalar arasındaki bağlantının derecesini gösterir ve bir piyasadaki hareketlerin diğer piyasalara ne ölçüde etki ettiğini veya etkilendiğini açıklamaktadır. Bu entegrasyon ülkeler arasındaki finansal ve ekonomik bağlar yatırımcı davranışları piyasa hissiyatı ve sürü psikolojisi gibi faktörlerle şekillenmektedir (Didier vd., 2012). Literatürde pek çok çalışma küresel hisse senedi piyasaları arasındaki entegrasyonu incelemiştir. Bekaert & Harvey (1995), Kim vd., (2005) ve Virk & Javed (2017) gibi çalışmalar özellikle gelişmiş ekonomiler arasındaki ve gelişmekte olan piyasalar ile gelişmiş piyasalar arasındaki yüksek entegrasyonu ortaya koymaktadır. Bekaert & Harvey (1995), Kim vd., (2005) ve Virk & Javed (2017) gibi çalışmalar, özellikle gelişmiş ekonomiler ile gelişmekte olan piyasalar arasında yüksek düzeyde bir entegrasyon olduğunu göstermektedir. BRICS borsaları özelinde Patel (2019), Maiti vd., (2022), Mishra & Mishra (2022) ile Dsouza vd., (2024) çalışmalarında BRICS piyasaları arasında entegrasyon olduğu doğrulanmıştır. Ancak bazı çalışmalar özellikle Çin'in diğer BRICS ülkelerine kıyasla daha ayrı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. BRICS borsaları arasındaki ortak hareketlilik bloğun üyeleri arasında derinleşen siyasi ve ekonomik ilişkilerle örtüşmektedir (Lehkonen & Heimonen, 2014; Dsouza vd., 2024).

Bu çalışma Rusya MOEX Russia Index (IMOEX), Hindistan S&P BSE Sensex (Sensex), Çin Shanghai Composite Index (SSE Composite) ve Güney Afrika FTSE/JSE All Share Index

(ALSI) arasındaki entegrasyonu dalgacık dönüşümü (wavelet transform) yöntemiyle inceleyerek literatüre yeni bir yöntemsel bakış açısı kazandırmayı amaçlamaktadır. Dalgacık dönüşümü piyasa entegrasyonunu değerlendirmede sunduğu ölçeklenebilirlik ve çok yönlülük avantajlarıyla öne çıkan önemli bir tekniktir. Çalışma farklı zaman ölçeklerinde kısa ve uzun vadeli entegrasyon dinamiklerini analiz ederek piyasalar arasındaki etkileşimlerin zaman ve frekans boyutunda nasıl değiştiğini derinlemesine ortaya koymaktadır. BRICS ülkeleri arasındaki borsa entegrasyonunu dalgacık analizi yöntemiyle inceleyen bu araştırma, bu alana yenilikçi bir yöntemsel bakış açısı kazandırmaktadır. Ayrıca 2008 küresel finansal krizi ve COVID-19 pandemisi gibi önemli kriz dönemlerinde entegrasyon farklılıklarını ele alarak bu dönemlere özgü özgün bulgular sunmaktadır. Çalışma yatırımcılar için portföy çeşitlendirme stratejilerine rehberlik edecek bilgiler sağlamanın yanı sıra, politika yapıcılar için ekonomik şokların etkilerini anlamalarına dair değerli çıkarımlar sağlayacağı düşünülmektedir. Araştırma 3 Ocak 2004 ile 29 Aralık 2023 tarihleri arasındaki günlük borsa açılış verileri üzerinden beş BRICS ülkesinin hisse senedi piyasalarına ait ortalama log-getiri değerlerini kullanarak piyasa dinamiklerini incelemiştir. Bu yönüyle çalışma teorik açıdan literatüre katkı sağlarken, pratikte yatırımcılar ve politika yapıcılar için değerli bilgiler sunmayı hedeflemektedir. Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde ilgili literatür değerlendirilmiştir. Üçüncü bölümde veri seti ve kullanılan yöntemle ilişkin bilgiler sunulmaktadır. Dördüncü bölümde analiz sonuçları ve bulgular yer almaktadır. Beşinci bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuçlar açıklanmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları BRICS ülkeleri arasındaki borsa entegrasyonunu anlamada yatırımcılar ve politika yapıcılara önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Literatür

Ülkelerin borsa performansları yalnızca piyasa dinamiklerinden değil aynı zamanda ekonomik büyüme, politika değişiklikleri, ticaret ilişkileri ve küresel ekonomik olaylar gibi makroekonomik ve politik faktörlerden de etkilenmektedir. Bu makroekonomik ve politik faktörlerin etkisiyle BRICS ülkelerinin borsalarının dünya piyasalarına entegrasyonu giderek artmaktadır. BRICS ülkeleri ekonomik büyümeleri ve pazar potansiyelleri sayesinde dünya yatırımcılarının ilgisini çekmekte ve bu durum borsa entegrasyonunu hızlandırmaktadır (Kim vd., 2005). Literatürde bu entegrasyonun derecesini ve etkilerini inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar BRICS ülkeleri arasındaki finansal ilişkilerin nasıl geliştiğini ve bu ilişkilerin küresel piyasalara olan etkisini anlamaya yönelik önemli veriler sunmaktadır.

Literatürdeki çalışmalar, özellikle BRICS piyasalarının dünya piyasalarıyla entegrasyon seviyeleri arasındaki farklılıkları vurgulamaktadır. BRICS ülkelerinin borsalarının uzun vadeli ilişkilerde daha yüksek entegrasyon düzeylerine sahip oldukları, kısa vadeli ilişkiler bakımından ise görece olarak bağımsız hareket ettikleri belirtilmektedir (Ripley, 1973; Corhay vd., 1993; Richards, 1995; Ayuso & Blanco 2001; Wang vd., 2003; Shik Lee 2004; Kang & Yoon 2011; Aloui & Hkiri 2014; Aggarwal & Raja 2019; Ramos-Requena vd., 2020; Amoako vd., 2022; Lu vd., 2023; Mishra vd., 2023; Hamid vd., 2024). Borsalar arası entegrasyonu analiz etmek için dalgacık dönüşümünün kullanıldığı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Shik Lee (2004); Rua & Nunes (2009); Dima vd., (2015); Maiti vd., (2020); Qureshi vd., (2020); Karim vd., (2021); Sayed & Charteris (2024) gibi araştırmacılar dalgacık analizi yöntemini finans alanında uygulamışlardır.

Finansal piyasalardaki entegrasyonu inceleyen ilk ampirik çalışmalardan birinde Ripley (1973), gelişmiş piyasalar arasında farklı entegrasyon seviyelerini tespit etmiştir. Araştırma sonuçlarına göre en yüksek entegrasyon Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Kanada arasında en düşük entegrasyon ise Danimarka ve Finlandiya arasında saptanmıştır. Eşbütünleşme analizine dayalı bir çalışmada ABD, Kanada, Japonya, Birleşik Krallık (BK) ve Almanya borsa piyasaları arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğu tespit edilmiştir (Richards, 1995). Avrupa piyasalarında zamanla değişen entegrasyonu doğrulayan bir çalışmada, 1987 borsa çöküşü ile Avrupa Para Birliği'nin kurulmasının ardından borsalar arasındaki korelasyonların arttığı belirlenmiş, entegrasyonun ülke büyüklüğüne göre değiştiği ve Yunanistan'ın borç krizi sırasında diğer Avrupa piyasalarından ayrıştığı ortaya koyulmuştur (Kim vd., 2005; Savva, 2009; Virk & Javed, 2017). Dalgacık dönüşümünün kullanıldığı bir çalışmada, ABD, Birleşik Krallık, Japonya ve Almanya piyasaları arasındaki birlikte hareketin zamana ve frekansa göre değiştiği, ABD ve Birleşik Krallık piyasalarının en yüksek entegrasyona sahip olduğu, Japonya piyasasının en fazla farklılık gösteren piyasa olduğu, Almanya'nın uzun vadede daha büyük bir uyum sergilediği ve kısa vadeli uyumun 1990'lardan sonra arttığı sonucuna ulaşılmıştır (Rua & Nunes, 2009). Gelişen yirmi iki borsa ile ABD borsası arasındaki entegrasyonu dalgacık uyum analizi ile inceleyen bir çalışmada, araştırmaya konu olan borsalar arasında uzun vadede güçlü bir ilişki tespit edilmiş ancak kısa vadede piyasalar arasında daha fazla dalgalanma gözlenmiş ve uyumun düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun yanında 2006 sonrası piyasaların birlikte hareketinin arttığı özellikle yüksek frekanslı verilerde bu durumun daha belirgin hale geldiği belirtilmiştir (Graham vd., 2012). 1997-2015 yılları arasında 22 önde gelen borsa piyasasının entegrasyonunun araştırıldığı bir

çalışmada Avrupa piyasalarının ABD ile önemli ölçüde birlikte hareket sergilediği ve bu durum uzun vadede yoğunlaştığı belirlenmiştir (Marfatia, 2017). Bir diğer çalışmada Pakistan, Çin ve Hindistan borsalarının ABD, İngiltere, Singapur ve Japonya ile güçlü bir şekilde entegre olduğu Sri Lanka borsasının diğer borsalara göre daha fazla farklılaştığı Asya bölgesinde en çok farklılaşan borsanın Çin borsası olduğu gözlenmiştir. Öte yandan Hindistan ve Pakistan borsalarının ülkeler arasındaki düşmanlıklara rağmen entegrasyon içinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Abbas vd., 2013). Suudi Arabistan, BAE ile ABD borsaları arasındaki entegrasyonun hem DCC-GARCH hem de dalgacık uyum analizi ile araştırıldığı bir çalışmada Suudi Arabistan ve BAE ile ABD borsaları uzun vadeli entegrasyonun daha güçlü olduğu ortaya çıkmıştır (Matar vd., 2021). BRICS ülkeleri ile Hint borsaları arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkilerin Granger nedensellik, VAR ve DCC-MGARCH teknikleri ile incelendiği bir çalışmada Hindistan borsasındaki oynaklığın hem kısa hem de uzun vadede diğer BRICS ülkelerinin borsalarına sıçradığı görülmüştür (Khan, 2023).

BRICS piyasalarının entegrasyonu ile ilgili yapılan araştırmalarda BRICS ülkelerinin kendi bölgeleri ile güçlü bir entegrasyon sergilediği ancak dünya ile olan entegrasyonlarının daha düşük seviyelerde kaldığı ifade edilmiştir. Hindistan'ın hem bölgesel hem de küresel anlamda en fazla entegrasyona sahip olduğu Çin'in ise en fazla farklılaşan borsa olduğu belirtilmiştir (Bhar & Nikolova, 2009). Bir diğer çalışmada ABD ile her bir BRICS ülkesi arasında önemli bir korelasyon bulunmuş ve bu korelasyonun Brezilya için en güçlü, Çin ve Rusya için ise en zayıf olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra küresel finansal krizin (GFC) ardından bu ülkelerin birlikte hareketinin arttığı ancak Rusya'nın borsa piyasasının ABD'den ayrıştığı ifade edilmiştir (Aloui vd., 2011; Mensi vd., 2016). BRICS ülkeleri ile ilgili farklı çalışmalarda her bir BRICS ülkesinin ABD ile olan hisse senedi piyasası birlikte hareketinin farklı seviyelerde olduğu ve bu piyasaların ABD perspektifinden homojen bir grup olarak değerlendirilmemesi gerektiği (Lehkonen & Heimonen, 2014), BRICS ülkeleri ile gelişmiş piyasalar arasında güçlü bir bağlantı olduğu (Panda vd., 2021), ekonomik politika belirsizliği ve jeopolitik risklerin varlığında Çin'in volatilité yayılmalarında net bir alıcı olduğu diğer BRICS piyasalarının ise net volatilité aktarımcıları olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Li vd., 2024).

BRICS piyasaları arasındaki entegrasyonu inceleyen Patel (2019) ile Mishra & Mishra (2022) hisse senedi piyasaları arasında uzun vadeli bir ilişki tespit etmektedir. Ancak Patel (2019) söz konusu ilişkinin yalnızca Küresel Finansal Kriz (GFC) sonrasında ortaya çıktığını gözlemlemiştir. Diğer yandan Mishra & Mishra (2022) COVID-19 krizi sırasında entegrasyonun

zayıfladığını ve Güney Afrika, Hindistan ve Çin piyasalarının uzun vadeli ilişkiden ayrıştığını saptamışlardır. Bu durum Dsouza vd., (2024) tarafından pandemi sırasında BRICS piyasaları arasında artan bir bağlantılılık olduğunu gösteren sonuçlarla çelişmektedir. Aynı zamanda bu durum kriz dönemlerinde ülkeler arasındaki entegrasyonun arttığını ortaya koyan Baumöhl & Lyócsa (2014) ile Mensi vd., (2016) gibi çalışmalarla uyum göstermektedir. Çin hariç olmak üzere 1999-2019 dönemi arasında BRICS ülkeleri borsalarının birlikte hareket ettiği saptanmıştır (Maiti vd., 2021). Dalgacık tutarlılığı kullanan önceki çalışmalara (Marfatia, 2017) benzer şekilde ilişkilerin uzun yatırım ufuklarında en güçlü olduğu bulunmuştur. Güney Afrika ile BRICS üyeleri arasındaki zamanla değişen korelasyonu analiz eden Gopane (2023) kriz dönemlerinde birlikte hareketin zirve yaptığını doğrulamaktadır.

Bu literatür çalışması finansal piyasa entegrasyonunun dinamik yapısını ortaya koyan geniş bir araştırma yelpazesini kapsamaktadır. İlk ampirik çalışmalardan günümüz dalgacık analizlerine kadar piyasalardaki birlikte hareketin zamana ve frekansa göre nasıl değiştiğini göstermektedir. Özellikle BRICS ülkeleri bağlamında, entegrasyonun küresel finansal krizler, bölgesel riskler ve ekonomik belirsizlikler gibi dışsal şoklarla nasıl şekillendiği dikkat çekmektedir. Çalışmalar entegrasyonun kriz dönemlerinde arttığını ve uzun vadeli yatırım ufuklarında daha güçlü olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte entegrasyonun ülkelere ve bölgesel dinamiklere göre farklılık gösterdiği vurgulanmaktadır. Bu bağlamda Hindistan gibi bazı ülkeler hem bölgesel hem de küresel ölçekte daha entegre olurken Çin gibi piyasaların daha ayrılmış olması bu ülkeler arasındaki ekonomik ve politik farklılıkları yansıtmaktadır. Ayrıca dalgacık analizi gibi yenilikçi yöntemlerin piyasa entegrasyonunu daha derinlemesine ve çok boyutlu bir şekilde analiz etmek için önemli araçlar sunduğu gözlenmektedir. Bu çalışmada, dalgacık dönüşümü yöntemi kullanılarak BRICS ülkelerinin piyasa entegrasyon dinamikleri farklı zaman ölçeklerinde detaylı bir şekilde analiz edilmiş; kriz dönemleri ve uzun vadeli yatırım perspektiflerindeki entegrasyon farklılıklarına ilişkin ülke bazlı ve zaman boyutlu yeni ampirik kanıtlar sunulmuştur. Literatür incelendiğinde, BRICS ülkeleri arasındaki finansal entegrasyonun dinamiklerini kısa ve uzun vadeli zaman ölçeklerinde detaylıca ele alan çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Özellikle kriz dönemlerinde entegrasyon dinamiklerindeki değişimlere odaklanan ampirik araştırmaların eksikliği, literatürde önemli bir boşluk olarak dikkat çekmektedir.

3. Veri ve Yöntem

3.1. Veri

Bu çalışmada beş BRICS ülkesine ait borsa endeksleri; Brezilya Bovespa Index (IBOV), Rusya MOEX Russia İndek (IMOEX), Hindistan S&P BSE Sensex (Sensex), Çin Shanghai Composite Index (SSE Composite) ve Güney Afrika FTSE/JSE All Share Index (ALSI) arasındaki kısa ve uzun vadeli frekanslardaki zamanla değişen entegrasyon dalgacık dönüşümü yöntemi ile incelenmiştir. Çalışma bu hisse senetlerinin günlük borsa açılış fiyatlarına dayalı ortalama log-getiri değerlerini analiz ederek piyasa dinamikleri arasındaki etkileşimleri zaman ve frekans boyutunda ortaya koymayı amaçlamaktadır. Veri seti 3 Ocak 2004 ile 29 Aralık 2023 tarihleri arasındaki günlük borsa açılış verilerinden oluşmakta olup bu veriler investing.com adresinden elde edilmiştir. Analizler RStudio programı üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan tarih aralığı BRICS ülkelerinin ekonomik büyüme dinamiklerinin belirginleştiği ve piyasalarda önemli ekonomik ve finansal değişimlerin yaşandığı bir dönemi kapsamaktadır. 2008 küresel finansal krizi, ticaret savaşları ve COVID-19 pandemisi gibi büyük ekonomik olaylar, piyasa hareketlerini önemli ölçüde etkilemiş ve BRICS ülkelerinin ekonomik ilişkilerini farklı şekillerde şekillendirmiştir. Özellikle 2008 finansal krizi dünya genelinde ekonomik daralmaya yol açarken; ticaret savaşları ve pandeminin yarattığı belirsizlikler finansal piyasalarda dalgalanmalara neden olmuştur. Bu olaylar gelişmekte olan piyasalarda da ciddi etkiler yaratmış ülkeler arasındaki ekonomik bağlantılar ve finansal hareketlilik üzerinde belirgin değişiklikler gözlemlenmiştir. Dolayısıyla seçilen tarih aralığı piyasa dinamiklerini daha kapsamlı bir şekilde analiz etmek ve BRICS ülkeleri arasındaki korelasyonları anlamak için anlamlı ve öngörülebilir bir zaman dilimi sunmaktadır. Bulgular, piyasalar arasındaki geçişlerin zaman ve frekans düzeyinde sınıflandırılmasını sağlayacaktır.

3.2. Yöntem

BRICS ülkelerinin borsaları arasındaki entegrasyonu analiz etmek amacıyla dalgacık dönüşümü uygulanmıştır. Analizler RStudio programı ile yapılmıştır. Dalgacık dönüşümü için WaveletComp¹ paketi kullanılmıştır. Elde edilen bulguların güvenilirliğini ölçmek amacıyla

¹ WaveletComp paketi zaman serisi verilerinin dalgacık dönüşümünü gerçekleştirerek farklı frekans bileşenlerini analiz etmeye ve görselleştirmeye olanak tanımaktadır.

Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Korelasyon katsayılarının hesaplanmasında ise `corrplot`² paketi kullanılmıştır.

Dalgacık dönüşümü ilişkili dalgacık katsayılarının yardımıyla iki zaman serisi arasında zaman-frekans analizi yapmaya olanak tanıyan bir dönüşüm tekniğidir. Bu teknik geleneksel korelasyon analizlerine kıyasla daha esnek bir yaklaşım sunmaktadır. Dalgacık dönüşümü, zaman serilerini farklı frekans bileşenlerine ayırarak serilerin her bir frekans için zaman içinde değişen özelliklerini incelemeye olanak sağlamaktadır. Dalgacık dönüşümünün sonucunda elde edilen dalgacık katsayıları kullanılarak dalgacık uyumu hesaplanmaktadır. Dalgacık dönüşümü ile iki zaman serisi arasındaki frekans alanındaki ilişkinin (uyumun) hesaplanmasında kullanılan formül aşağıda yer almaktadır (Anser vd., 2020)

$$R_{xy}^2(s, t) = \frac{[S(W_{xy}(s,t))]^2 I}{S([W_x(s,t)]^2 - S([W_y(s,t)]^2)} \quad (1)$$

$W_x(s,t)$ ve $W_y(s,t)$: sırasıyla $x(t)$ ve $y(t)$ zaman serilerinin dalgacık dönüşümüdür.

$W_{xy}(s,t)$ ve $x(t)$ ve $y(t)$: serilerinin çarpaz dalgacık dönüşümü, yani iki serinin nasıl dalgalandığını göstermektedir.

S : dönüşümü, zaman ve frekans düzleminde bir düzgünleştirme işlemi ifade etmektedir.

s : ölçek (frekans), t ise zamanı göstermektedir.

$R_{xy}^2(s, t)$ iki zaman serisi arasındaki dalgacık dönüşüm ilişkisini veren karelenmiş dönüşüm katsayısıdır ve 0 ile 1 arasında bir değer almaktadır. 1'e yaklaştıkça güçlü bir ilişki 0'a yaklaştıkça zayıf bir ilişki olduğunu ifade etmektedir.

Bu formül, zaman-frekans düzleminde iki zaman serisi arasındaki etkileşimleri analiz etmek için kullanılmakta ve hisse senetleri gibi finansal verilerde kısa ve uzun vadeli ilişki dinamiklerini incelemektedir. BRICS ülkelerinin borsaları arasındaki entegrasyonu dalgacık yöntemi ile analiz etmek için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$C_{xy}(s, t) = \frac{[W_x(s,T) \cdot \overline{W_y(s,T)}]^2}{W_x(s,T) \cdot \overline{W_x(s,T)} \cdot W_y(s,T) \cdot \overline{W_y(s,T)}} \quad (2)$$

² `Corrplot` paketi R dilinde değişkenler arasındaki korelasyonları görselleştirerek ilişkilerin anlaşılmasını kolaylaştıran bir araçtır.

$R_{xy}^2(s, t)$ İki zaman serisi arasındaki dalgacık dönüşüm katsayısı (0 ile 1 arasında bir değer).

S: Düzleştirme operatörü (zaman ve ölçek üzerinden).

$W_x y(s,t)$: BRICS ülkelerinin endeksleri arasındaki dalgacık kesişimi.

$W_x (s,t)^2$ ve $W_y (s,t)^2$: BRICS ülkelerinin endekslerinin dalgacık güç spektrumlarıdır. Bu terim her bir endeksin belirli bir zaman (t) ve ölçek (s) aralığında ne kadar güç veya enerji taşıdığını ifade etmektedir.

BRICS ülkeleri arasındaki borsa endekslerinin dalgacık yöntemiyle analizini, her ülke için ayrı bir dalgacık dönüşümü kullanarak yapıldığında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$C_{xy}(s, t) = \frac{[W_{\text{çin}}(s,t) \cdot W_{\text{hindistan}}^*(s,t) \cdot W_{\text{brezilya}}^*(s,t) \cdot W_{\text{rusya}}^*(s,t) \cdot W_{\text{güney afrika}}^*(s,t)]^2}{([W_{\text{çin}}(s,t)]^2 + [W_{\text{hindistan}}(s,t)]^2 + [W_{\text{brezilya}}(s,t)]^2 + [W_{\text{rusya}}(s,t)]^2 + [W_{\text{güney afrika}}(s,t)]^2)} \quad (3)$$

$W_{\text{çin}}(s,t)$, $W_{\text{hindistan}}(s,t)$, $W_{\text{brezilya}}(s,t)$, $W_{\text{rusya}}(s,t)$, $W_{\text{güney afrika}}(s,t)$, terimleri sırasıyla Çin, Hindistan, Brezilya, Rusya ve Güney Afrika'nın borsa endekslerinin dalgacık dönüşümlerini ifade etmektedir.

$W_{\text{ülke}}(s,t)$, terimleri, ilgili ülkenin kompleks eşlenik dalgacık dönüşümüdür.

Dalgacık dönüşümü iki zaman serisi (örneğin iki farklı finansal varlık) arasındaki sürekli ve eşzamanlı hareketleri incelemek için kullanılan bir yöntemdir. Farklı zaman ve frekans alanlarında yapılan bu analizler hem kısa vadeli (gün içi dalgalanmalar) hem de uzun vadeli (yıllık trendler) dönemlerde ilişkiyi değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Bu sayede dalgacık dönüşümü iki zaman serisi arasındaki ilişkilerin farklı zaman dilimlerinde ve frekanslarda detaylı bir şekilde analiz edilmesini sağlamaktadır (Torrence & Webster, 1999). Dalgacık dönüşümü, belirli frekans ve zaman dilimlerinde ülke borsaları arasındaki ilişkilerin gücünü ve süresini açıklamaktadır. Yüksek uyum bölgeleri borsaların birlikte hareket ettiği dönemleri gösterirken düşük uyum bağımsız hareket ettikleri zaman dilimlerine işaret etmektedir.

Dalgacık dönüşümü analizi dalgacık güç spektrumu aracılığıyla görselleştirilmektedir. Dalgacık güç spektrumunda kullanılan her renk, analiz edilen iki zaman serisi arasındaki ilişkinin gücünü ve süresini farklı seviyelerde temsil etmektedir. Bu renklerin her biri seriler arasındaki uyum seviyesini ve analiz edilen sinyaldeki belirli frekans ve zaman dilimlerinde görülen gücün veya etkilerin yoğunluğunu göstermektedir. Dalgacık analizindeki renklerin anlamları aşağıda belirtilmiştir.

- Sarı: Orta düzeyde pozitif bir korelasyon,
- Beyaz: Mükemmel pozitif korelasyon,
- Kırmızı: Yüksek pozitif korelasyon,
- Turuncu: Güçlü pozitif korelasyon,
- Mavi: Zayıf veya çok düşük korelasyon,
- Yeşil: Düşük ila orta düzeyde pozitif korelasyon.

Bu renkler serilerin bağımsız veya farklı yönlerde hareket ettiği zaman dilimlerini ortaya çıkarmaktadır. Renklerin koyuluk derecesi veya doygunluğu da ilişki gücünün derecesini gösterirken daha koyu renkler daha güçlü bir ilişki anlamına gelmektedir. Bu renk skalası analiz edilen zaman serileri arasındaki uyumu veya bağımsız hareketleri belirli bir zaman ve frekans diliminde görselleştirerek yorumlamayı kolaylaştırmaktadır.

Dalgacık güç spektrumundaki oklar iki zaman serisi arasındaki faz ilişkisini yani serilerin birbirine göre yönünü ve liderlik/izleyicilik durumunu göstermektedir. Bu oklar analiz edilen zaman serilerinin belirli bir frekans ve zamanda nasıl etkileşimde bulunduğunu anlamak için önemli ipuçları sunmaktadır:

- Sağa yönelen oklar, iki serinin pozitif yönlü olarak birbiriyle uyum içinde hareket ettiğini, yani aynı yönde ilerlediğini göstermektedir.
- Sola yönelen oklar, iki serinin negatif yönlü bir uyum sergilediğini, yani zıt yönlerde hareket ettiğini ifade etmektedir.
- Yukarı yönelen oklar, ilk serinin ikinci seriyi yönlendirdiğini (liderlik ettiğini) belirtmektedir. Yani ilk serideki değişimlerin ikinci seriyi etkilediğini göstermektedir.
- Aşağı yönelen oklar, ikinci serinin ilk seriyi yönlendirdiğini göstermektedir. Burada ikinci serinin değişimlerinin ilk seriyi etkilediği anlaşılmaktadır.
- Dalgacık güç spektrumundaki eksenler, analiz edilen zaman serisinin hangi dönemde ve hangi zaman ölçeğinde incelendiğini göstermektedir:

- Yatay eksen (Index), zamanı temsil etmekte ve analiz edilen veri setinin zaman aralığını göstermektedir. Bu eksen üzerinde sağa doğru ilerledikçe daha ileri tarihler veya zaman dilimleri görülmektedir.
- Dikey eksen (Period), farklı zaman ölçeklerini ifade etmektedir. Dikey eksen üzerinde yukarıya doğru çıkıldıkça periyotlar uzamakta, yani daha uzun vadeli dönemleri temsil etmektedir. Alt kısımda yer alan kısa periyotlar kısa vadeli hareketleri, üst kısımda yer alan uzun periyotlar ise uzun vadeli eğilimleri göstermektedir.

Dalgacık dönüşüm analizi borsa entegrasyonunu incelemek için etkili bir tekniktir. Bouri vd., (2020) bu yöntemi, bir getiri serisini zaman ölçeği bileşenlerine ayırarak stokastik bir sürecin değişkenlik yapısını ölçek bazında temsil etme amacıyla kullanmışlardır. Dalgacık analizi, veriyi farklı zaman dilimlerinde ve ölçeklerde inceleme imkanı sunmaktadır. Dolayısıyla bu sayede kısa ve uzun vadeli dalgalanmalar ayrı ayrı ele alınabilmektedir. Böylece rastgele değişkenlik gösteren bir sürecin değişkenlik yapısı daha net bir şekilde analiz edilmektedir. Bu sayede, örneğin yatırımcılar kısa vadeli fiyat dalgalanmalarını ve uzun vadeli trendleri ayrı olarak değerlendirebilecek olup piyasa davranışları ile riskleri daha etkin bir şekilde belirleyebileceklerdir.

Araştırmacıların belirli dönemlerdeki birlikte hareketleri incelemesine olanak tanıyan dalgacık dönüşümü zaman serileri arasındaki ilişkilerin daha derinlemesine anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Bu teknik belirli bir zaman diliminde ve frekanslarda iki zaman serisinin nasıl etkileşime girdiğini, hangi dönemlerde daha güçlü bir ilişki olduğunu ve bu ilişkinin zamanla nasıl değiştiğini ortaya koymaktadır. Dalgacık dönüşümü araştırmacıların karmaşık dinamikleri çözümlenmeleri için etkili bir araç olmaktadır.

4. Bulgular

4.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Bu bölümde BRICS ülkelerine ait borsa endekslerinin tanımlayıcı istatistikleri sunulmaktadır. Çalışmanın analizinde kullanılan veriler 3 Ocak 2004 ile 29 Aralık 2023 tarihleri arasındaki günlük borsa açılış fiyatlarına dayalı log-getiri değerlerinden oluşmaktadır. Tanımlayıcı istatistikler, her bir ülke borsa endeksinin getirilerine ilişkin ortalama, standart sapma, minimum, maksimum ve çarpıklık (skewness) ile basıklık (kurtosis) değerlerini içermektedir. Bu istatistikler

BRICS ülkelerinin borsalarının volatilité seviyeleri ve getiri dağılımlarının temel özelliklerini ortaya koymaktadır.

Tablo 1

BRICS Ülkelerinin Borsa Getirilerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Ülke	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Çarpıklık (Skewness)	Basıklık (Kurtosis)
Brezilya	69,867.47	26,917.98	24,006.00	134,492.00	0.85	0.25
Rusya	1,926.80	762.33	513.62	4,292.68	1.12	1.02
Hindistan	8,451.44	4,755.82	1,925.60	21,801.45	0.97	0.45
Çin	3,213.24	1,141.62	823.86	5,930.91	0.65	-0.15
G. Afrika	44,697.99	17,472.61	12,642.54	81,337.95	0.78	0.10

Tablo 1’deki istatistikler her bir ülkenin borsa endeksinin getirilerinin dağılımı hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Brezilya, oldukça yüksek bir ortalama endeks değeri (69,867.47) ve büyük bir standart sapmaya (26,917.98) sahiptir. Bu durum Brezilya borsa endeksinin genel olarak yüksek değerlerde seyrettiğini ve dalgalanmanın fazla olduğunu göstermektedir. Rusya ise daha düşük bir ortalama endeks değeri (1,926.80) ve görece daha küçük bir standart sapma (762.33) ile daha istikrarlı bir piyasa görünümü sergilemektedir. Hindistan ve Çin arasında ise ortalama ve standart sapma değerleri birbirine yakın olmakla birlikte Hindistan’ın ortalaması daha yüksek ve değişkenliği daha fazladır. Güney Afrika yüksek bir ortalama endeks değeri (44,697.99) ve görece büyük bir standart sapma (17,472.61) ile dikkat çekmektedir.

Tüm ülkelerde çarpıklık değerlerinin pozitif olması sağa çarpık bir dağılıma işaret etmektedir. Bu durum bazı aşırı yüksek değerlerin (outlier) varlığını göstermektedir. Rusya’nın çarpıklık değeri (1.12) diğer ülkelerden daha yüksektir. Dolayısıyla Rusya borsa endeksinde sağa çarpıklığın daha belirgin olduğunu ifade etmektedir.

Basıklık değerleri genellikle 0'a yakın olup, dağılımların normal dağılıma yakın olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak Rusya (1.02) ve Hindistan (0.45) bir miktar sivri uçlara sahiptir. Bu durum uç değerlerin normalden biraz daha sık görüldüğünü ifade etmektedir. Buna karşılık Çin’in

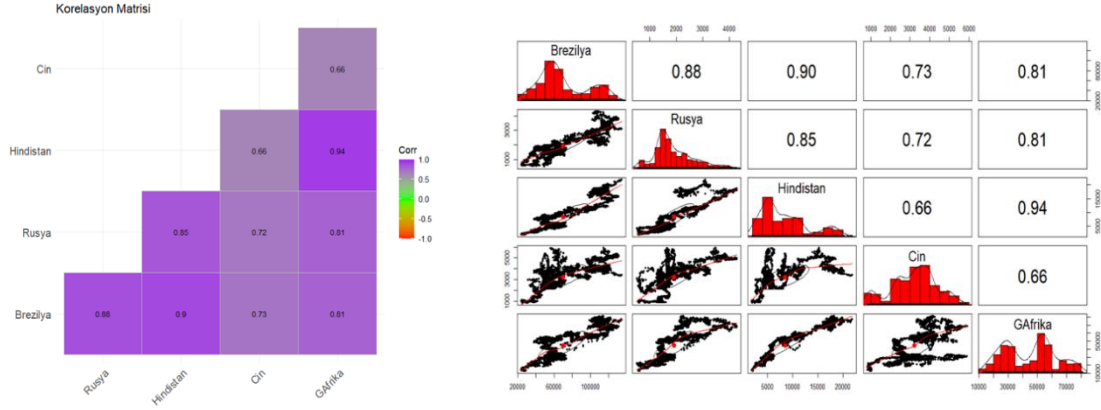
basıklık değeri (-0.15) daha düz bir dağılımı işaret etmektedir. Bu durum uç değerlerin daha az sıklıkla ortaya çıktığını göstermektedir.

Brezilya ve Güney Afrika gibi yüksek ortalamalı endekslerde, standart sapmanın büyük olması bu piyasaların daha volatil (dalgalı) olduğunu göstermektedir. Rusya ve Hindistan'ın sağa çarpık dağılımları ve yüksek basıklık değerleri uç değerlerin bu piyasalarda daha sık görülebileceğine işaret etmektedir. Buna karşılık Çin piyasası daha düşük bir ortalama ve basıklık değeriyle nispeten daha istikrarlı bir görünüm sergilemektedir.

4.2. Korelasyon Matrisi ve Ülke Borsaları Arasındaki İlişki

Korelasyon matrisi birden fazla değişken arasındaki korelasyon katsayılarını gösteren bir tablodur. Korelasyon katsayısı iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi ölçen bir değerdir ve genellikle -1 ile 1 arasında değişmektedir. 1 değeri iki değişkenin tamamen pozitif korelasyona sahip olduğunu ve aynı yönde hareket ettiklerini göstermektedir. -1 değeri iki değişkenin tamamen negatif korelasyona sahip olduğunu ve ters yönde hareket ettiklerini belirtmektedir. 0 değeri ise iki değişken arasında hiçbir ilişki olmadığını ifade etmektedir. Korelasyon matrisi, birden fazla değişkenin birbirleriyle olan ilişkilerini ve her bir değişkenin diğerleriyle olan korelasyon katsayılarını sunmaktadır. Bu matris finansal analizlerde, ekonomide veya veri biliminde birden fazla finansal enstrümanın ya da piyasanın ilişkilerini anlamak için sıklıkla kullanılmaktadır.

Şekil 1'deki korelasyon testinin sonuçları BRICS ülkeleri arasında genel olarak yüksek pozitif korelasyonlar bulunduğunu ancak bu korelasyonların şiddetinin ülke çiftlerine göre değiştiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular BRICS ülkelerinin benzer ekonomik faktörlerden etkilendiğini veya küresel piyasa dinamiklerine aynı şekilde tepki verdiklerini göstermektedir. Ancak korelasyon seviyelerindeki farklılıklar ülkeler arasındaki ekonomik yapıların ve bağımlılık düzeylerinin çeşitlilik gösterdiğini işaret etmektedir.



Şekil 1. Korelasyon Histogramı

Brezilya ve Rusya arasında 0.88'lik yüksek korelasyon, bu iki ülkenin ekonomik göstergelerinin paralel hareket ettiğini ve güçlü bir ekonomik ilişkiye sahip olduklarını göstermektedir. Her iki ülke de doğal kaynak zengini ekonomiler olduğundan, özellikle petrol ve enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar bu ekonomileri benzer şekilde etkilemektedir.

Brezilya ve Hindistan arasındaki 0.90'lık yüksek korelasyon iki ülkenin ekonomik veya finansal göstergelerinde birbirlerine paralel dalgalanmalar sergilediğini göstermektedir. Her iki ülke de gelişmekte olan piyasalara sahip olduğu için küresel yatırımcıların risk algısındaki değişimlere benzer tepkiler vermektedir.

Brezilya ve Çin arasındaki 0.73'lük orta-yüksek korelasyon Brezilya'nın Çin ekonomisine olan ihracat bağımlılığı ile açıklanabilir. Özellikle tarım ve doğal kaynaklar gibi sektörlerde Çin'e yapılan ihracat Brezilya'nın Çin ekonomisindeki gelişmelere duyarlılığını artırmaktadır.

Brezilya ve Güney Afrika arasındaki 0.81'lik korelasyon her iki ülkenin doğal kaynak zengini ve gelişmekte olan ekonomiler olarak benzer küresel ekonomik dinamiklerden etkilendiğini göstermektedir. Özellikle küresel emtia fiyatlarındaki değişimler ve yatırımcıların gelişmekte olan piyasalara yönelik risk algıları bu paralel hareketin temel nedenleridir.

Rusya ve Hindistan arasındaki 0.85'lik yüksek korelasyon iki ülkenin enerji ve savunma sektörlerindeki iş birlikleri ile açıklanabilir. Hindistan'ın Rusya'dan enerji ithalatı bu ekonomik bağları güçlendiren önemli bir faktördür.

Rusya ve Çin arasındaki 0.72'lik orta düzeyde korelasyon Rusya'nın Çin'e olan enerji ihracatı ve iki ülke arasındaki stratejik ortaklık ile ilişkilidir. Ancak Çin'in çeşitlenmiş ekonomik yapısı bu korelasyonun diğer ülke çiftlerine kıyasla daha düşük olmasına neden olmaktadır.

Rusya ve Güney Afrika arasındaki 0.81'lik korelasyon, her iki ülkenin doğal kaynak ihracatçısı olmaları ve gelişmekte olan piyasa özellikleri taşımalarıyla açıklanabilir. Bu benzerlikler küresel piyasa şoklarına karşı benzer tepkiler verilmesine yol açmaktadır.

Hindistan ve Çin arasındaki 0.66'lık korelasyon iki ülkenin Asya'nın büyük ekonomileri olarak bölgesel ve küresel ekonomik gelişmelerden aynı şekilde etkilendiğini göstermektedir. Ancak, Çin'in ihracat odaklı ekonomik yapısı ve Hindistan'ın iç tüketime dayalı ekonomik modeli, korelasyonun daha düşük kalmasına neden olmaktadır.

Hindistan ve Güney Afrika arasındaki 0.81'lik korelasyon iki ülkenin gelişmekte olan ekonomiler olarak küresel sermaye akımlarından benzer biçimde etkilenmesiyle açıklanabilir. Ayrıca doğal kaynakların ekonomik büyümedeki rolü ve iç tüketimin önemi bu korelasyonu güçlendirmektedir.

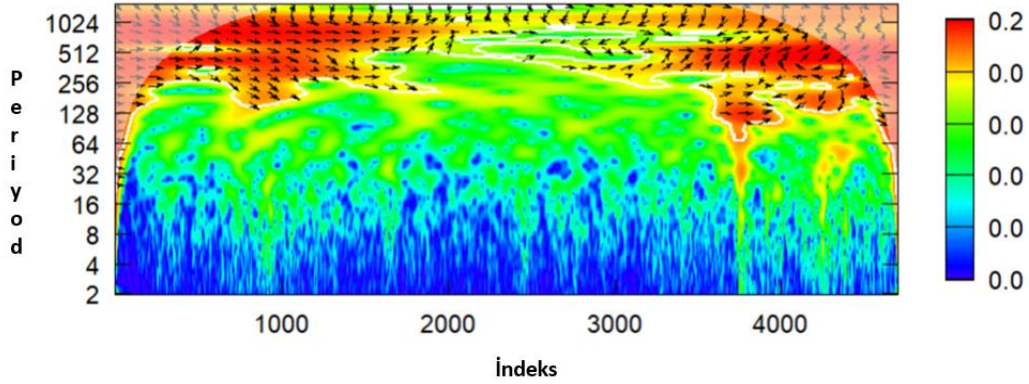
Çin ve Güney Afrika arasındaki 0.66'lık orta düzeyde korelasyon Güney Afrika'nın Çin'e yaptığı mineral ve doğal kaynak ihracatı ile ilişkilidir. Ancak Çin'in çeşitli ekonomik yapısı bu korelasyonun diğer ülke çiftlerine kıyasla daha düşük olmasına yol açmaktadır.

Şekil 1'de sunulan korelasyon testinin sonuçları BRICS ülkeleri arasında uzun vadede yüksek pozitif korelasyonlar bulunduğunu ancak korelasyon derecelerinin ülkeden ülkeye değiştiğini göstermektedir. Bu durum BRICS ülkelerinin küresel ekonomik dinamiklere paralel tepkiler verdiklerini ve belirli ekonomik bağlantılara sahip olduklarını ortaya koymaktadır. Korelasyon seviyelerindeki farklılıklar ise ülkelerin ekonomik yapılarına ve bağımsız politikalarına dayalı olarak değişim göstermektedir. Ayrıca korelasyon testinin sonuçlarının dalgacık dönüşümü ile elde edilen bulguları desteklediği görülmektedir.

4.3. Dalgacık Analizine İlişkin Bulgular

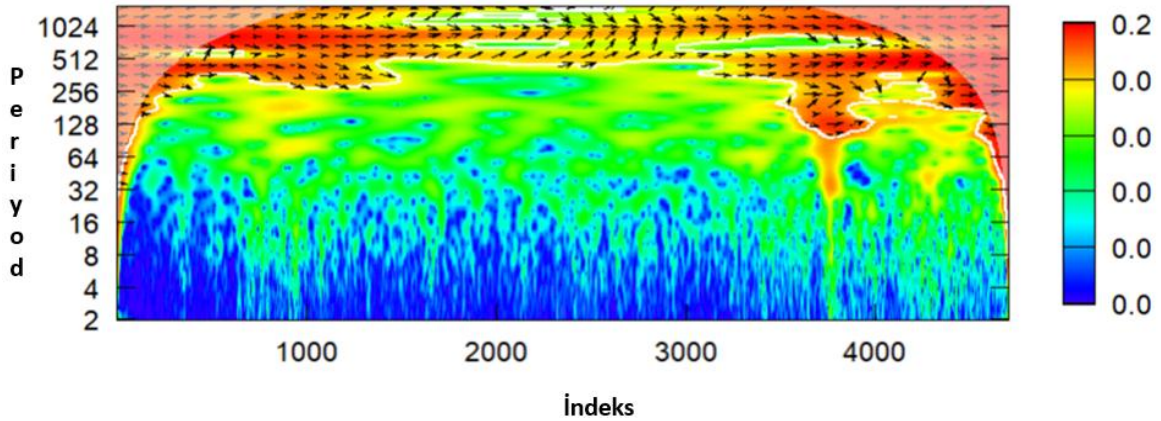
Bu çalışmada, Brezilya IBOV endeks, Rusya IMOEX endeks, Hindistan Sensex endeks, Çin SSE Composite endeks ve Güney Afrika ALSI endeksleri arasındaki entegrasyon dalgacık dönüşümü uygulanarak her bir borsa endeksi arasındaki korelasyon ve uyumlu hareketler incelenmiş, farklı zaman dilimlerinde (kısa, orta ve uzun vadede) piyasa dinamiklerini ortaya

çıkarılmıştır. BRICS ülkelerinin borsaları arasındaki entegrasyonu tespit etmek amacıyla yapılan dalgacık dönüşüm analizi sonuçları Şekil 2-11'da yer almaktadır.



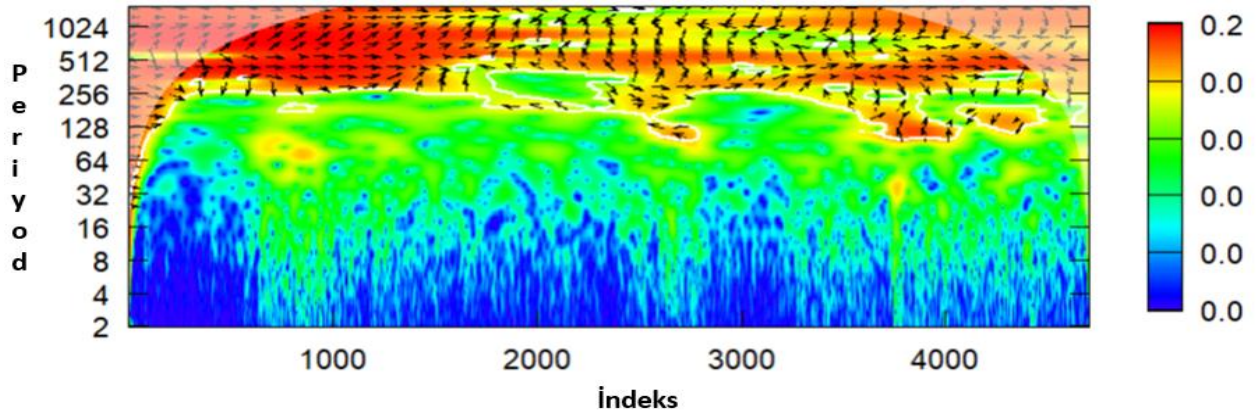
Şekil 2. Brezilya ve Rusya

Şekil 2 incelendiğinde kısa vadede (2-32 dönem arası) mavi ve yeşil alanların daha yoğun olduğu görülmektedir. Bu durum Brezilya ve Rusya piyasaları arasında kısa vadede düşük bir ilişki olduğunu göstermektedir. Uzun vadede (64-1024 dönem arası) özellikle 128 periyot ve üzerinde kırmızı ve sarı renklerin baskın hale geldiği izlenmiştir. Bu ise Brezilya ve Rusya piyasalarının uzun vadede daha güçlü bir ilişki sergilediğine işaret etmektedir. Şekil 2'deki vektör oklarının yönü piyasaların birbirleriyle nasıl senkronize veya zıt hareket ettiğini göstererek Brezilya ve Rusya piyasaları arasında belirli dönemlerde paralel diğer dönemlerde ise ters yönlü hareketler olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular Brezilya ve Rusya finansal piyasalarının uzun vadede daha güçlü bir ilişkiye sahip olduğunu ancak kısa vadede bu ilişkinin zayıf olabileceğini göstermektedir. Uzun vadede korelasyonun artmasının küresel ekonomik gelişmeler emtia fiyatları veya iki ülke arasındaki ticaret ilişkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



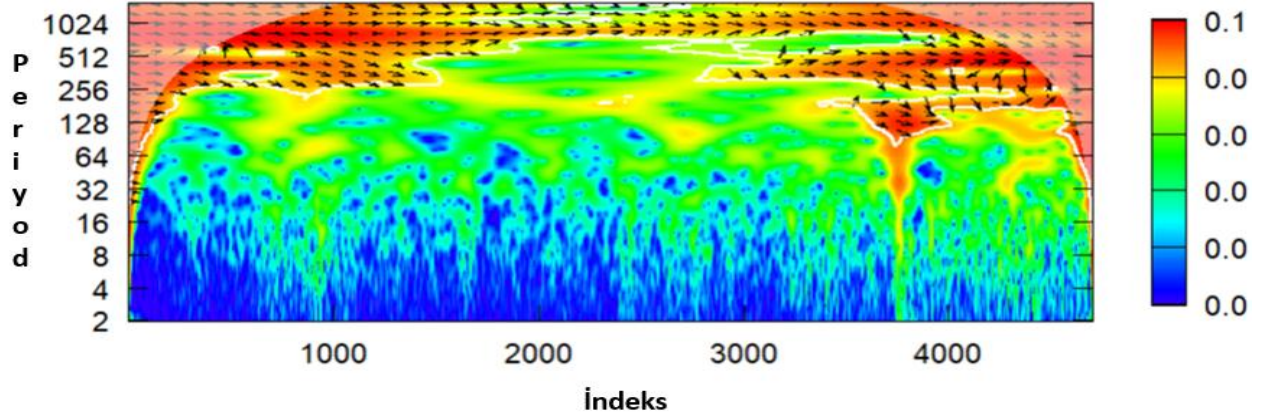
Şekil 3. Brezilya ve Hindistan

Şekil 3 incelendiğinde kısa vadede (2-32 arası) mavi ve yeşil tonların daha yoğun olduğu görülmektedir. Bu durum Brezilya ve Hindistan piyasaları arasında kısa vadede düşük bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Orta ve uzun vadede (128 ve üzeri) ise özellikle 256 ve 512 periyot aralığında sarı, turuncu ve kırmızı alanların yoğunlaştığı gözlenmektedir. Bu renkler iki piyasa arasındaki yüksek uyumu veya güçlü bir korelasyonu temsil etmektedir. Dolayısıyla Brezilya ve Hindistan piyasalarının uzun vadede daha güçlü bir ilişki sergilediği sonucuna varılmaktadır. Şekil 3'deki okların çoğunlukla sağa ve yukarıya yönelmiş olması Brezilya ve Hindistan piyasalarının uzun vadede senkronize hareket ettiğini ve zaman zaman Brezilya'nın Hindistan'ı yönlendirdiğini göstermektedir. Genel olarak bu bulgular Brezilya ve Hindistan piyasaları arasında kısa vadede düşük bir korelasyon uzun vadede ise daha güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Uzun vadede bu korelasyonun artışının ekonomik ilişkiler veya küresel faktörlerin etkisiyle gerçekleştiği söylenebilir.



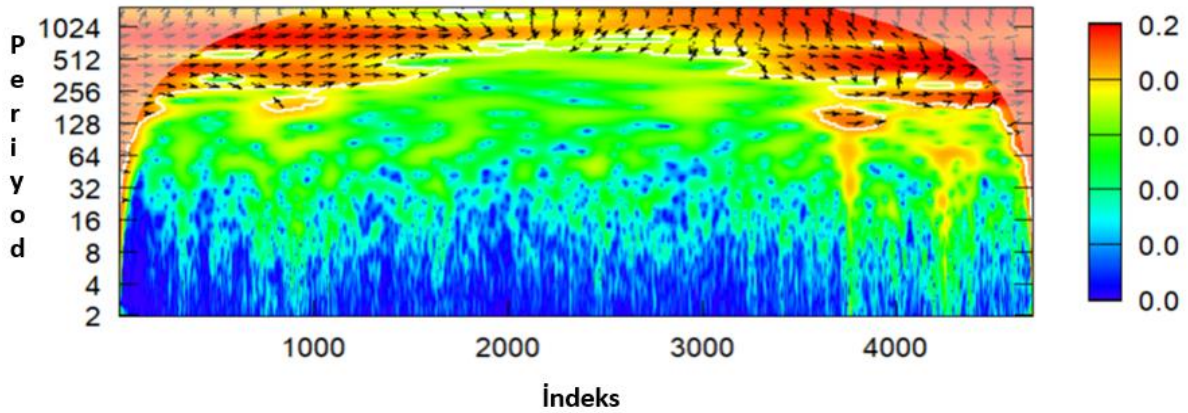
Şekil 4. Brezilya ve Çin

Şekil 4 incelendiğinde Brezilya ve Çin arasındaki korelasyon kısa vadede (2-32) düşük seviyelerde kalmaktadır. 2-23 aralığında mavi ve yeşil alanların baskın olması iki piyasa arasında kısa vadeli ilişkilerin zayıf olduğunu ve dolayısıyla bu dönemlerde piyasa hareketlerinin birbirini etkilemediğini göstermektedir. Buna karşın uzun vadede (512 ve 1024) üst kısımdaki kırmızı alanların yoğunluğu Brezilya ve Çin borsaları arasında güçlü bir korelasyonun varlığını ortaya koymaktadır. Bu durum uzun vadede iki piyasa arasında belirgin bir ilişki ve etkileşim olduğu vurgulamaktadır. Ayrıca okların yatay pozisyonda olması her iki piyasada birbirini yönlendiren bir etkinin olmadığına ve piyasalardaki hareketlerin aynı doğrultuda gerçekleştiğine işaret etmektedir.



Şekil 5. Brezilya ve Güney Afrika

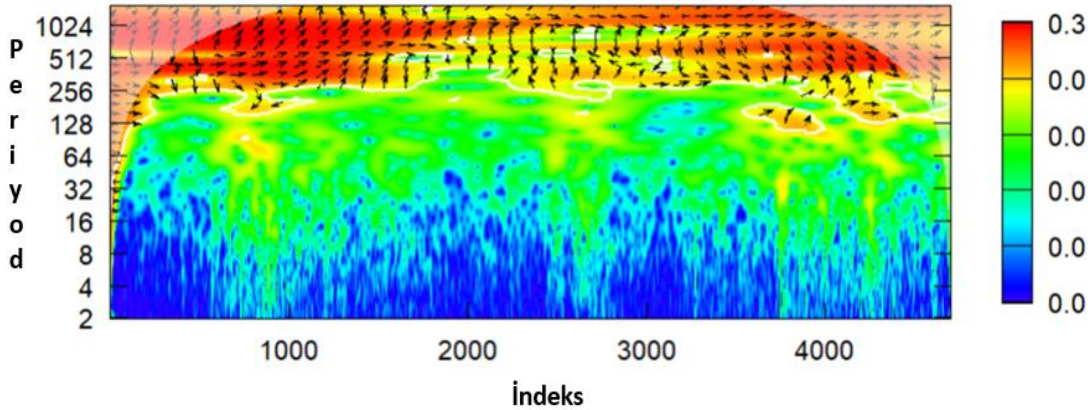
Şekil 5 incelendiğinde kısa vadede (2-32) mavi-yeşil renk yoğunluğunun hakim olduğu görülmektedir. Bu durum Brezilya ve Güney Afrika arasındaki korelasyonun düşük olduğunu göstermektedir. Ancak orta ve uzun vadelerde (özellikle 256-512 periyotları arasında) sarı ve kırmızı alanların yoğunluğu, bu iki piyasanın uyumlu hareket ettiğini ve güçlü bir korelasyonun varlığını ortaya koymaktadır. Bu frekans aralığında gözlemlenen güçlü korelasyonlar, Brezilya ve Güney Afrika borsaları arasında önemli bir ilişki olduğuna işaret etmektedir. Okların zaman zaman hafif yatay eğimli olması, iki piyasa arasında asimetrik bir ilişki olabileceğini, yani bir piyasanın diğerini daha fazla etkileyebileceğini düşündürmektedir. Brezilya ve Güney Afrika arasında kısa vadede zayıf bir ilişki gözlenirken orta ve uzun vadelerde iki piyasa arasında daha güçlü ve uyumlu bir ilişki bulunduğu sonucuna varılmaktadır.



Şekil 6. Rusya ve Hindistan

Şekil 6 incelendiğinde Rusya ve Hindistan arasında kısa vadede (2-16) mavi alanların hakim olduğu gözlenmektedir. Bu durum kısa vadede bu iki piyasa arasında belirgin bir uyum

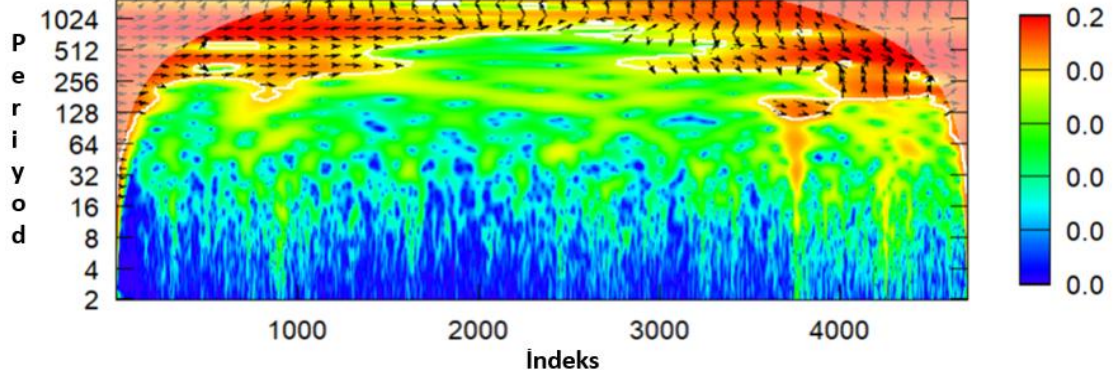
olmadığını göstermektedir. Ancak uzun vadede (256-1024 arası) belirli bir süreklilik ve uyum bulunmaktadır. Özellikle grafiğin üst kısımlarında yer alan kırmızı alanlar Rusya ve Hindistan borsa endeksleri arasındaki uzun vadeli güçlü bir korelasyona işaret etmektedir. Ayrıca okların yönü ve uzunluğu bu iki piyasa arasındaki faz farkını ve etkileşim yönünü göstermektedir. Okların sağa doğru yönelmesi iki piyasa arasındaki pozitif korelasyonu vurgulamaktadır. Dolayısıyla her iki borsada benzer yönlerde hareket etmektedir. Bununla birlikte bazı alanlarda aşağı veya yukarı bakan oklar kısa vadeli sapmaların varlığını ortaya çıkarmaktadır. Bu sapmaların piyasa dinamikleri veya dışsal etkenlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Böyle bir durumda yatırımcıların bu kısa vadeli değişimleri dikkate almaları gerekecektir. Rusya ve Hindistan borsa endeksleri arasında kısa vadede zayıf bir ilişki mevcutken uzun vadede ise güçlü bir uyum bulunmaktadır.



Şekil 7. Rusya ve Çin

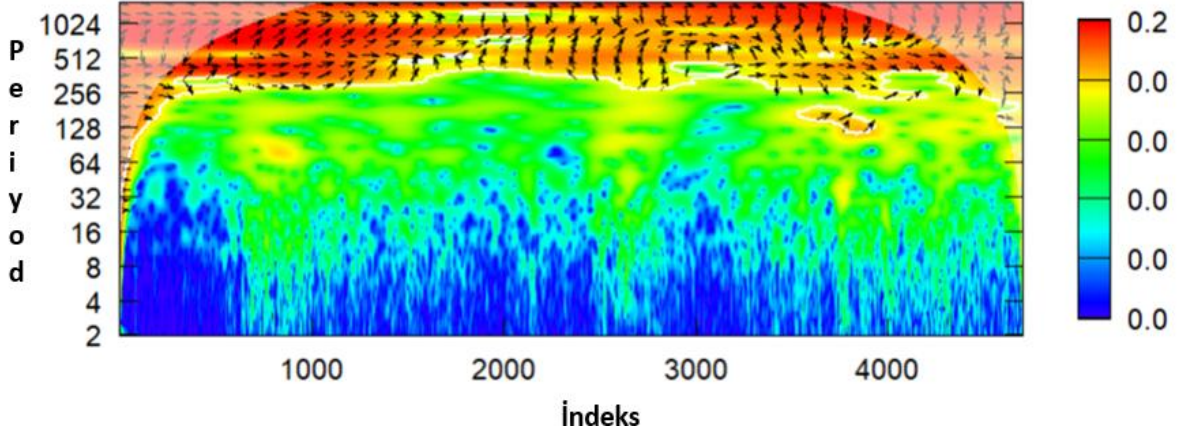
Şekil 7 incelendiğinde kısa vadede (2-16), Rusya ve Çin borsaları arasındaki uyumun daha zayıf olduğu gözlenmektedir. Bu durum, mavi ve yeşil alanların baskın olmasıyla ifade edilmektedir. Dolayısıyla iki borsa arasındaki korelasyon oldukça düşük seviyededir. Buna göre kısa vadede Rusya ve Çin borsalarının hareketlerinin birbirini etkilemediği ve iki endeksin bağımsız hareket ettiği anlaşılmaktadır. Ancak daha geniş bir periyot aralığında (128-1024 arasında) uyum mevcuttur. Özellikle 512 periyotunun üstündeki kırmızı alanlar bu iki borsa endeksinin uzun vadeli zaman diliminde güçlü bir uyum gösterdiği belirtmektedir. Ayrıca periyodik olarak kırmızı alanların yoğunlaştığı kısımlar belirli dönemlerde borsalar arasında güçlü bir korelasyon olduğunu ifade etmektedir. Okların yönünün çoğunlukla sağa doğru yönelmiş olması iki endeksin zaman zaman paralel hareketlerde bulunduğunu göstermektedir. Ancak zaman

zaman farklı yönlere bakan oklar kısa vadeli ayrışmaların ve uyumsuzlukların varlığını ifade etmektedir. Rusya ve Çin borsa endeksleri arasında kısa vadede zayıf bir ilişki bulunmakta iken uzun vadede güçlü bir korelasyon mevcuttur.



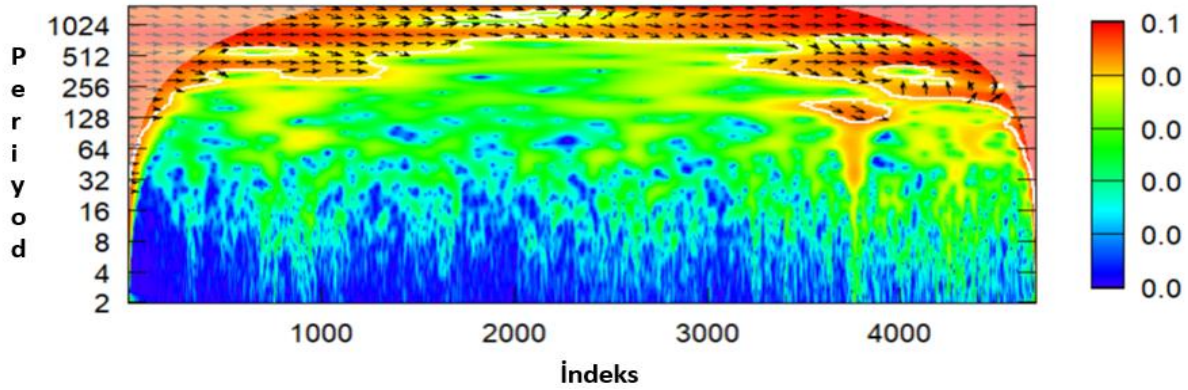
Şekil 8. Rusya ve G. Afrika

Şekil 8 incelendiğinde Rusya ve Güney Afrika borsalarının kısa vadede (2-32) uyumunun daha zayıf olduğu gözlenmektedir. Bu durum varlığı yeşil alanların baskın olmasıyla ifade edilmektedir ve iki borsa arasındaki düşük korelasyonu vurgulamaktadır. Dikey eksendeki uzun vade (128-1024) dikkate alındığında ise belirgin bir uyumun varlığı ortaya çıkmaktadır. Özellikle grafiğin üst kısmındaki kırmızı ve turuncu alanlar iki borsa arasında belirli dönemlerde güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Okların yönüne bakıldığında çoğunlukla sağa doğru yöneldiği görülmektedir. Bu durum iki borsa arasında pozitif bir ilişki olduğuna işaret etmektedir. Ancak kısa vadeli periyotlarda özellikle daha düşük frekanslarda yukarı veya aşağı bakan oklar Rusya ve Güney Afrika borsaları arasında kısa vadeli dalgalanmaların ve uyumsuzlukların olduğunu da ortaya koymaktadır. Sonuçlar iki borsanın zaman zaman farklı yönlerde hareket ettiklerini ortaya koymaktadır.



Şekil 9. Hindistan ve Çin

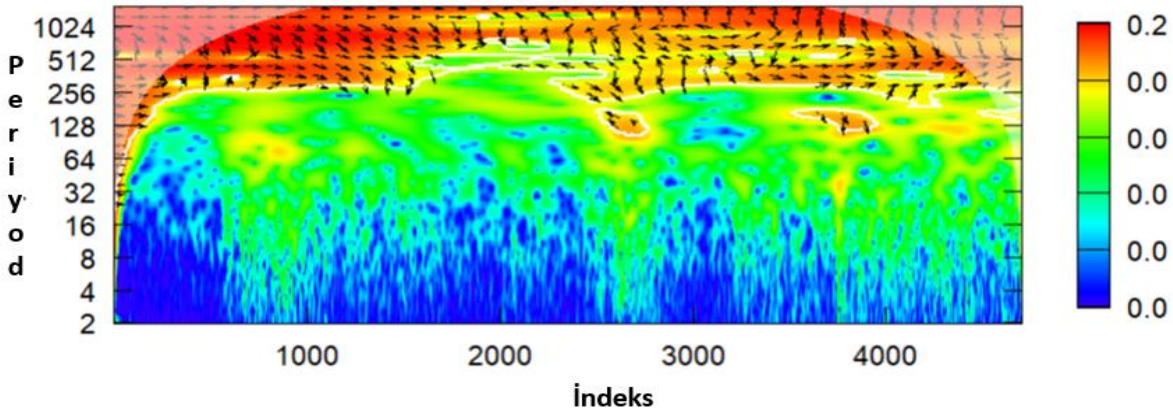
Şekil 9 incelendiğinde kısa vadede (2-128) uyumun daha zayıf olduğu görülmektedir. Bu durum mavi ve yeşil alanların baskın olmasıyla ifade edilmektedir. Kısa vadede Hindistan ve Çin piyasaları arasında düşük bir korelasyon bulunmaktadır. Uzun vadede (512-1024) kırmızı alanların yoğunluğu Hindistan ve Çin arasında belirgin ve güçlü uyum olduğunu göstermektedir. Ayrıca okların sağ üst köşeye doğru yönelmesi Hindistan'ın bu ilişkiye öncülük ettiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla bu sonuçlar Hindistan borsasındaki değişimlerin Çin borsasını etkileyebileceğine işaret etmektedir.



Şekil 10. Hindistan ve G. Afrika

Şekil 10 incelendiğinde Hindistan ve Güney Afrika arasındaki ilişki farklı zaman dilimlerinde çeşitli etkileşimler sergilemektedir. Kısa vade (64-128) göz önüne alındığında bazı güçlü korelasyon alanları (yeşil) görünmekle birlikte bu periyotlarda genel olarak korelasyonun zayıf olduğu dikkat çekmektedir. Dolayısıyla Hindistan ve Güney Afrika piyasalarının kısa vadeli hareketleri bağımsız kalma eğiliminde olup iki piyasanın belirgin bir etkileşimi bulunmamaktadır.

Uzun vadede ise (512-1024) güçlü bir uyum gözlemlenmekte ve kırmızı alanların yoğunluğu Hindistan ve Güney Afrika arasındaki uzun vadeli korelasyonun oldukça yüksek olduğunu vurgulamaktadır. Bu durum iki piyasa arasında daha güçlü bir ilişki olduğunu ve iki piyasanın uzun vadede birbirlerini etkileyebilecek etkileşimlerinin mevcut olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca, okların sağ yukarıya doğru yönelmesi Hindistan'ın bu ilişkiye öncülük ettiğini ortaya koymaktadır. Bu yönelim Hindistan'daki piyasa hareketlerinin Güney Afrika borsasında belirgin etkilere yol açabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak Hindistan borsasındaki değişimlerin veya olayların Güney Afrika borsasında etkiler yaratabileceği görülmektedir.



Şekil 11. Çin ve Güney Afrika

Şekil 11 incelendiğinde Çin ve Güney Afrika borsaları arasında kısa vadede (2-64) uyumun daha zayıf olduğu gözlenmektedir. 2-64 aralığında mavi alanlar baskın olup kısa vadeli piyasa hareketleri arasında güçlü bir korelasyon bulunmamaktadır. Uzun vadede (512-1024) ise kırmızı alanların yoğunluğu Çin ve Güney Afrika borsaları arasında yüksek bir korelasyon olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca okların sağ üst köşeye doğru yönelmesi Çin'in Güney Afrika borsasına öncülük ettiğini göstermektedir. Buna göre Çin piyasasındaki değişimler Güney Afrika'daki piyasa hareketlerini etkileyebilecektir.

4.4. Tartışma

Çalışmanın bulguları BRICS ülkelerinin borsaları arasındaki entegrasyonun kısa ve uzun vadede farklı dinamiklerle şekillendiğini ortaya koymaktadır. Kısa vadede düşük korelasyon seviyeleri bu ülkeler arasındaki piyasa hareketlerinin bağımsızlığını koruduğunu ifade ederken uzun vadede ise artan korelasyon seviyeleri BRICS ülkelerinin küresel ekonomide birlikte hareket etme eğiliminde olduklarını belirtmektedir. Sonuçlar Brezilya borsalarının diğer BRICS ülkeleri

borsalarıyla kısa vadede düşük korelasyon sergilediğini göstermektedir. Bu durum Brezilya'nın finansal piyasalarının diğer incelenen diğer piyasalara göre kısa vadede daha bağımsız hareket ettiğini, yerel ekonomik faktörlerin etkisinin baskın olduğunu göstermektedir. Buna göre Brezilya'daki ekonomik gelişmelerin ve politika değişikliklerinin Hindistan borsasını etkileyebileceği ve yönlendirebileceği sonucuna ulaşılmaktadır. Uzun vadede Brezilya borsasının incelenen diğer BRICS ülkelerinin borsaları ile güçlü bir korelasyona sahip olduğu gözlenmiştir. Bu durum Brezilya'nın küresel ekonomideki dalgalanmalara uzun vadede BRICS ülkeleri ile birlikte tepki verdiğini göstermektedir. Yatırım stratejileri geliştirilirken Brezilya'nın bu yönlendirici rolünü ve entegrasyonu dikkate alınmalıdır.

Rusya borsasının kısa vadeli korelasyonları incelenen diğer BRICS ülkelerinin borsalarına kıyasla düşük seviyededir. Bu durumda Rusya'nın kısa vadeli piyasa hareketlerinde bağımsız kalabilme kapasitesinin ve yerel faktörlerin etkisinin öne çıktığı anlaşılmaktadır. Bulgular Rusya borsasının Çin borsası ile uzun vadede güçlü bir ilişkiye sahip olduğunu bu ilişkinin ticari ve politik bağların yanı sıra özellikle enerji sektöründeki iş birliğiyle desteklendiğini ortaya koymaktadır. Rusya'nın petrol ve doğal gaz ihracatı Çin ekonomisi üzerinde doğrudan etkilidir. Bu tür uzun vadeli bağlantılar iki ülkenin finansal piyasalarındaki bağımlı pekiştirmektedir. Rusya borsası kısa vadede incelenen diğer BRICS ülkelerinin borsalarıyla daha zayıf korelasyonlar göstermekte olup uzun vadede Brezilya, Hindistan ve Güney Afrika ülkeleriyle olan entegrasyonu artmıştır. Küresel finansal krizler (örneğin 2008 ve 2011 Avrupa borç krizi) Rusya piyasası üzerinde önemli etkiler yaratmıştır. Rusya piyasasının bu krizlere karşı duyarlılığı, küresel risklerden daha fazla etkilenme potansiyeline işaret etmektedir. Rusya'da uzun vadeli yatırım planlayan yatırımcılar küresel krizin etkilerini dikkatle izlemelidir.

Hindistan'ın kısa vadeli borsa hareketleri, incelenen diğer BRICS ülkelerinin borsa hareketleriyle ile zayıf bir korelasyon sergilemektedir. Hindistan borsası kısa vadede bağımsız hareket etmekte, yerel ekonomik gelişmelerden daha fazla etkilenmektedir. Dolayısıyla kısa vadede Hindistan borsasına yatırım yapmak diğer BRICS ülkelerinden bağımsız getiriler sağlama potansiyeli taşımaktadır. Ayrıca Hindistan borsasının Brezilya borsasının yönlendirici etkisi altında olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Brezilya'daki ekonomik ve politik gelişmelerin Hindistan'a yansıma potansiyeline işaret etmektedir. Hindistan'da yatırım yapanların Brezilya'daki gelişmeleri de izlemeleri gerekmektedir. Uzun vadede Hindistan'ın BRICS ülkeleriyle olan korelasyonu artmaktadır. Bu durum Hindistan'ın uzun vadede diğer BRICS

ülkeleri ile benzer borsa dinamiklerine sahip olduğunu ve küresel gelişmelerden aynı şekilde etkilendiğini göstermektedir. Hindistan uzun vadede BRICS ekonomileriyle daha uyumlu hale geldiğinden ötürü BRICS içinde uzun vadeli yatırım yapılabilir bir ülke olarak değerlendirilebilir.

Çin borsası ile incelenen diğer BRICS ülkelerinin borsalarıyla arasında kısa vadede düşük korelasyon bulunduğu tespit edilmiştir. Çin ekonomisinin büyüklüğü ve kendi iç dinamiklerinin güçlü etkisi, Çin'in kısa vadede diğer BRICS ülkelerinden bağımsız hareket etmesine olanak tanımaktadır. Uzun vadede ise Çin ile diğer BRICS ülkelerinin borsaları arasında yüksek korelasyon mevcuttur. Özellikle Çin ve Rusya borsaları arasında uzun vadeli güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişki enerji sektörü başta olmak üzere, iki ülke arasındaki ticaret ve ekonomik ortaklıklarla desteklenmektedir. Çin'in enerji bağımlılığı Rusya ile olan uzun vadeli ilişkisini finansal piyasalar boyutunda da etkili hale getirmektedir. Ayrıca Çin'in finansal piyasaları küresel kriz dönemlerinde diğer BRICS ülkelere kıyasla daha az etkilenme eğilimindedir. Bu durum Çin'in iç pazarının genişliği ve ekonomik yapısının küresel dalgalanmalara karşı nispeten daha dayanıklı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle Çin uzun vadeli yatırımcılar için güvenli bir seçenek olarak değerlendirilebilir.

Güney Afrika'nın diğer BRICS ülkeleri ile kısa vadede düşük korelasyona sahip olması, yatırımcılar açısından portföy çeşitlendirme avantajı sunmaktadır. Güney Afrika borsası yerel faktörlerden daha fazla etkilenmekte olup kısa vadede bağımsız hareket edebilme kapasitesine sahiptir. Uzun vadede Güney Afrika borsası Brezilya ve diğer BRICS ülkeleriyle yüksek korelasyon göstermektedir. Bu sonuç, Güney Afrika'nın BRICS ülkeleriyle ekonomik entegrasyonunu artırdığı ve küresel ekonomik trendlerden daha fazla etkilendiği anlamına gelmektedir. Güney Afrika borsası küresel krizlerden yüksek oranda etkilenmektedir. Bu kırılganlık yatırımcıların özellikle kriz dönemlerinde dikkatli olmalarını gerektirmektedir. Güney Afrika küresel risklere daha açık bir yapıya sahip olduğu için, yatırımcıların uzun vadeli stratejilerde bu riski göz önünde bulundurmaları gerekmektedir.

Bu çalışmanın bulguları BRICS ülkelerinin borsaları arasındaki finansal entegrasyonu ve kısa ve uzun vadeli korelasyonları ele alan ve bu borsalar arasındaki ekonomik ve finansal ilişkilerin derinleştiğini ortaya koyan Sayed & Charteris (2024), Kiong vd., (2023), Mariani vd., (2020) & Sahabuddin vd., (2022) gibi çalışmaların bulguları ile desteklenmektedir. BRICS ülkelerinin borsaları arasındaki entegrasyon küresel gelişmelere nasıl tepki verdiklerini anlamak

açısından önemlidir. Brezilya ve Hindistan'ın borsaları küresel piyasalara daha entegre olurken Rusya ve Çin daha bağımsız hareket etmektedir. 2008 finansal krizi ve COVID-19 pandemisi gibi büyük küresel krizler sırasında borsa entegrasyonu artmış ve piyasalar benzer tepkiler vermiştir. Kriz sonrası dönemde BRICS borsaları daha senkronize hareket etmektedir. Ancak BRICS ülkelerinin farklı büyüklük likidite, piyasa gelişmişliği ve politik istikrar gibi faktörler entegrasyon seviyelerini etkilemektedir. Hindistan ve Çin gibi büyük ekonomiler güçlü iç talep ve sermaye piyasalarına sahipken, Rusya ve Güney Afrika ise emtia fiyatlarına bağımlıdır. Bu farklılık ülkeler arasındaki entegrasyonu zaman zaman zayıflatmaktadır. Graham vd., (2012) kısa vadeli volatiliteye dayalı etkileşimlerin arttığı, ancak uzun vadede entegrasyonun daha istikrarlı hale geldiğini belirtirken, Tripathy vd., (2015) ve Prakash vd., (2017) gibi çalışmalar, kriz dönemlerinde BRICS ülkelerinin daha bağımsız hareket ettiğini ve entegrasyonun sınırlı kaldığını savunmuştur. Bu bulgular entegrasyon seviyelerinin ülkeden ülkeye değiştiği yönündeki sonuçlarla örtüşmektedir.

BRICS ülkelerinin borsaları arasında dalgacık dönüşümü uygulanarak yapılan analizlerin sonuçları, incelenen ülkelerin borsalarının her birinin finansal entegrasyon düzeyinde farklılıklar gösterdiği ve birbirleriyle olan ilişki dinamiklerinin farklı şekillerde geliştiği belirlenmiştir. Kısa vadede düşük korelasyon seviyeleri BRICS ülkeleri için portföy çeşitlendirme potansiyelini artırırken uzun vadede entegrasyonlarının güçlü olması küresel ekonomide birlikte hareket ettiklerini göstermektedir. Ayrıca Brezilya'nın yönlendirici etkisi ile Çin ve Rusya arasındaki uzun vadeli bağlantılar türünden ilişkiler yatırımcılar için önemli stratejik bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmayı literatürdeki diğer çalışmalardan ayıran özellik dalgacık dönüşümü kullanılarak BRICS ülkelerinin borsaları arasındaki entegrasyonun hem kısa hem de uzun vadeli dinamiklerde incelenmesidir. Çalışmada farklı zaman frekanslarında entegrasyon düzeyinin değişimi ortaya konularak BRICS ülkelerinin borsa endekslerinin bağımsız ve birlikte hareket etme eğilimleri dönemsel olarak değerlendirilmiştir. Özellikle 2008 küresel finansal krizi ve COVID-19 pandemisi gibi büyük ölçekli kriz dönemlerinde BRICS ülkeleri arasındaki entegrasyon düzeyinde önemli değişimler gözlenmiş ve bu krizlerin piyasa entegrasyonuna etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu kapsamda, kriz dönemlerinde BRICS ülkeleri arasındaki korelasyon artmış ve piyasalar birlikte hareket etme eğiliminde olmuştur. Özellikle 2008 krizi sırasında, piyasalarda artan risk ve belirsizlik karşısında yatırımcıların güvenli limanlara yönelmesi BRICS borsalarının senkronize hareket etmesine yol açmıştır. COVID-19 pandemisinde ise küresel ekonominin

daralması ve belirsizliğin artmasıyla birlikte BRICS ülkeleri arasında güçlü ve uzun vadeli korelasyonlar gözlenmiştir. Bu bulgu kriz dönemlerinde piyasa entegrasyonunun nasıl değişebileceğini göstermesi açısından önemlidir. Ayrıca BRICS ülkelerinin borsaları arasında kısa vadede düşük uzun vadede ise yüksek korelasyon düzeylerinin gözlemlenmesi BRICS ülkeleri arasındaki ekonomik ve finansal entegrasyonun derinliğini ortaya koymaktadır.

5. Sonuç

BRICS ülkeleri, dünya ekonomisinde önemli bir ağırlığa sahip, hızlı büyüyen ekonomilerdir. Bu ülkeler, toplam küresel GSYİH'nın %25'inden fazlasını üretmekte ve dünya nüfusunun neredeyse yarısını barındırmaktadır. Zengin doğal kaynakları, hızlı büyüme potansiyeli ve çeşitli yatırım fırsatları ile BRICS ülkeleri, yatırımcılar için cazip bir merkez haline gelmiştir. Bu çalışmada, beş BRICS ülkesinin borsa endeksleri arasındaki entegrasyon dalgacık dönüşümü ile incelenmiştir. Araştırma sonuçları, bu ülkelerin borsalarının kısa vadede birbirinden bağımsız hareket etme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Ancak uzun vadede, bu borsalar arasında güçlü bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra BRICS ülkelerinin her birinin finansal entegrasyon düzeyinde farklılıklar gösterdiği ve birbirleriyle olan ilişki dinamiklerinin farklı şekillerde geliştiği anlaşılmıştır.

Kısa vadede gözlenen düşük korelasyon, BRICS ülkelerinin borsa endekslerinin kısa vadeli şoklara karşı bağımsız hareket etme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bu durum yerel faktörlerin piyasa dinamikleri üzerindeki etkisinin daha belirgin olduğunu ortaya koymaktadır. BRICS ülkeleri borsa endeksleri arasındaki kısa vadeli düşük korelasyon, yatırımcılara portföylerini çeşitlendirme avantajı sağlamaktadır. Örneğin Brezilya-Hindistan veya Brezilya-Çin gibi piyasa çiftlerinde gözlemlenen zayıf ilişkiler BRICS ülkeleri arasında portföy çeşitlendirme potansiyelini artırmaktadır. Düşük korelasyonlu piyasalar, yatırımcılara riskleri dağıtma konusunda cazip fırsatlar sunmakta, daha dengeli portföyler oluşturmalarını sağlamaktadır. Portföy çeşitlendirme potansiyelinin artması, yatırımcıların daha bilinçli kararlar alabilmelerine imkan verecektir.

Uzun vadede BRICS ülkeleri arasında güçlü bir korelasyon bulunmaktadır. Özellikle Brezilya-Rusya, Brezilya-Hindistan, Brezilya-Güney Afrika ve Rusya-Çin gibi piyasa çiftlerinde gözlemlenen güçlü uzun vadeli ilişkiler, ülkeler arasındaki ekonomik bağlantıların artması ve küresel faktörlerin etkisiyle açıklanabilir. Dolayısıyla BRICS ülkelerinin ekonomik entegrasyon

düzeyinin yüksek olduğunu ve küresel piyasa hareketlerinden benzer şekilde etkilendiğini göstermektedir. Bu nedenle uzun vadeli yatırım stratejilerinde BRICS piyasalarının senkronize hareket ettiği dikkate alınmalıdır.

Yatırımcılar açısından kısa vadeli düşük korelasyon belirli piyasalara giriş ve çıkış zamanlamalarında portföy çeşitlendirme avantajı sağlamaktadır. Örneğin Brezilya-Hindistan çiftindeki düşük korelasyon kısa vadede riskin yayılmasına olanak tanıırken, uzun vadede Brezilya-Rusya gibi piyasalardaki yüksek korelasyon, daha sabit bir strateji gerektirmektedir. Bu nedenle yatırımcıların entegrasyon dinamiklerini dikkate alarak kısa vadeli portföylerini çeşitlendirmeleri ve uzun vadeli yatırımlarda küresel ekonomik bağları göz önünde bulundurmaları önerilmektedir.

Çin borsasının kısa vadede diğer BRICS ülkelerinden bağımsız hareket etmesine rağmen, uzun vadede Rusya ile güçlü bir ilişki geliştirmesi bu iki ülkenin enerji sektöründeki işbirliklerinin yanı sıra ticaret ortaklıklarının da bir yansımasıdır. Yatırımcıların küresel kriz dönemlerinde Çin'in finansal piyasalarının diğer BRICS ülkelerine göre daha az etkilenme eğiliminde olduğunu dikkate alarak uzun vadeli yatırımlarını Çin'de değerlendirmeleri önerilmektedir. Ayrıca Güney Afrika'nın uzun vadeli stratejilerdeki kırılgan yapısı ve küresel risklere açıklığı yatırımcıların bu ülkeye yatırım yaparken dikkatli olmalarını zorunlu kılmaktadır. Brezilya'nın yönlendirici etkisi ve diğer ülkelerle olan ilişkilerin dinamikleri yatırımcıların pazar analizlerini derinleştirerek stratejik kararlar almalarına yardımcı olacaktır.

BRICS ülkeleri arasında finansal iş birliğini artıracak mekanizmaların geliştirilmesi politika yapıcılar için büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda BRICS ülkelerinin ortak bir finansal altyapı ve iş birliği platformu oluşturmaları önem arz etmektedir. Böyle bir platform piyasa entegrasyonunu artırarak yatırımcılar için daha şeffaf bir ortam sağlayabilir ve sermaye akışlarını kolaylaştırabilir. Özellikle kriz dönemlerinde ortak ekonomik politikalar geliştirmek ve bölgesel piyasalara yönelik düzenlemeleri uyumlu hale getirmek finansal istikrarı güçlendirecektir. Ayrıca Çin ve Hindistan gibi büyük ekonomilerin iç talep gücünü artırmaya yönelik yatırımları teşvik etmeleri Güney Afrika ve Rusya gibi emtia ihracatçısı ülkelerin ise ekonomik çeşitlendirme stratejilerini hızlandırmaları gerekmektedir. Bu yaklaşım BRICS ülkeleri arasındaki uzun vadeli ekonomik bağları güçlendirecek ve finansal piyasaların daha senkronize hareket etmesine katkı sağlayacaktır.

İleride yapılacak çalışmalarda Fintech ve dijital dönüşümün BRICS ülkeleri borsa dinamikleri üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenebilir. Bu bağlamda finansal teknolojilerin ve dijital platformların piyasa likiditesi, işlem hacmi ve yatırımcı davranışları üzerindeki rolü değerlendirilebilir. Ayrıca BRICS ülkeleri arasındaki döviz, emtia ve diğer finansal enstrümanlar üzerinden entegrasyon analizi gerçekleştirilebilir. Bu analizlerde farklı teknikler (örneğin çok değişkenli zaman serisi analizi, nedensellik testleri ve yapısal eşitlik modellemesi) kullanılabilir. Böylece BRICS ülkeleri arasındaki finansal bağlantıların daha iyi anlaşılması sağlanacaktır. Ekonomik dinamiklerin ve ülke borsaları arasındaki entegrasyonun incelenmesi hem literatüre önemli katkılarda bulunacak hem de yatırımcıların portföy çeşitlendirmesi ile risk yönetim stratejilerini optimize etmelerine destek sağlayacaktır. Araştırma BRICS ülkeleriyle sınırlı olduğundan, sonuçlar diğer gelişmekte olan veya gelişmiş ülkeler için genelleştirilemez. BRICS ülkeleri arasındaki finansal etkileşimlerin derinlemesine analizinin yatırımcıların daha bilinçli kararlar almalarını ve uluslararası piyasalardaki fırsatları daha etkin bir şekilde değerlendirmelerini sağlayacağı düşünülmektedir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Etik komite onayı ve/veya yasal/özel izin gerektirmeyen bu çalışma, araştırma ve yayın etiğine uygundur.

Araştırmacının Katkı Oranı Beyanı

Yazar makalenin tek yazarı olduğu için katkı oranı %100'dür.

Araştırmacının Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması yoktur.

Kaynakça

- Abbas, Q., Khan, S., & Shah, S. Z. A. (2013). Volatility transmission in regional Asian stock markets. *Emerging Markets Review*, 16, 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.ememar.2013.04.004>
- Aggarwal, S., & Raja, A. (2019). Stock market interlinkages among the BRIC economies. *International Journal of Ethics and Systems*, 35(1), 59–74. <https://doi.org/10.1108/IJOES-04-2018-0064>
- Aloui, C., & Hkiri, B. (2014). Co-movements of GCC emerging stock markets: New evidence from wavelet coherence analysis. *Economic Modelling*, 36, 421–431. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.09.043>
- Aloui, R., Aïssa, M. S. B., & Nguyen, D. K. (2011). Global financial crisis, extreme interdependences, and contagion effects: The role of economic structure? *Journal of Banking & Finance*, 35(1), 130–141. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2010.07.021>
- Anser, M. K., Yousaf, Z., Nassani, A. A., Abro, M. M. Q., & Zaman, K. (2020). The role of carbon pricing in the relationship between air freight and environmental resource depletion: A case study of Saudi Arabia. *Clean Technologies and Environmental Policy*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01844-9>
- Ayuso, J., & Blanco, R. (2001). Has financial market integration increased during the nineties? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 11(3–4), 265–287. [https://doi.org/10.1016/S1042-4431\(01\)00036-1](https://doi.org/10.1016/S1042-4431(01)00036-1)
- Baumöhl, E., & Lyócsa, Š. (2014). Volatility and dynamic conditional correlations of worldwide emerging and frontier markets. *Economic Modelling*, 38, 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.12.022>
- Bekaert, G., & Harvey, C. R. (1995). Time-varying world market integration. *The Journal of Finance*, 50(2), 403–444. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1995.tb04790.x>
- Bhar, R., & Nikolova, B. (2009). Return, volatility spillovers and dynamic correlation in the BRIC equity markets: An analysis using a bivariate EGARCH framework. *Global Finance Journal*, 19(3), 203–218. <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2008.09.005>
- Bouri, E., Shahzad, S. J. H., Roubaud, D., Kristoufek, L., & Lucey, B. (2020). Bitcoin, gold, and commodities as safe havens for stocks: New insight through wavelet analysis. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 77, 156–164. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2020.03.004>
- Corhay, A., Rad, A. T., & Urbain, J. P. (1993). Common stochastic trends in European stock markets. *Economics Letters*, 42(4), 385–390. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(93\)90090-Y](https://doi.org/10.1016/0165-1765(93)90090-Y)

- Didier, T., Love, I., & Martínez Pería, M. S. (2012). What explains comovement in stock market returns during the 2007–2008 crisis? *International Journal of Finance & Economics*, 17(2), 182–202. <https://doi.org/10.1002/ijfe.442>
- Dima, B., Dima, Ş. M., & Barna, F. (2015). A wavelet analysis of capital markets' integration in Latin America. *Applied Economics*, 47(10), 1019–1036. <https://doi.org/10.1080/00036846.2014.987917>
- Dsouza, S., Singh, N. P., & Oliyide, J. A. (2024). Dynamic connectedness among the BRICS markets and the recent pandemic: An application of TVP-VAR approach. *International Journal of Emerging Markets*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1108/IJOEM-11-2022-1673>
- Forbes, K. J., & Rigobon, R. (2002). No contagion, only interdependence: Measuring stock market comovements. *The Journal of Finance*, 57(5), 2223–2261. <https://doi.org/10.1111/0022-1082.00494>
- Gopane, T. J. (2023). Economic integration and stock market linkages: Evidence from South Africa and BRIC. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 28(56), 237–256. <https://doi.org/10.1108/JEFAS-11-2021-0232>
- Graham, M., Kiviahio, J., & Nikkinen, J. (2012). Integration of 22 emerging stock markets: A three-dimensional analysis. *Global Finance Journal*, 23(1), 34–47. <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2012.01.003>
- Grubel, H. G. (1968). Internationally diversified portfolios: Welfare gains and capital flows. *The American Economic Review*, 58(5), 1299–1314. <https://www.jstor.org/stable/1814029>
- Hamid, K., Rasool, F., Rasheed, M., & Saeed, M. Y. (2024). Financial integration among Shariah-compliant indices: Empirical evidence from global stock markets. *Journal of Business and Management Research*, 3(1), 559–563. <https://jbmr.com.pk/index.php/Journal/article/view/147>
- Kang, S. H., & Yoon, S. M. (2011). The global financial crisis and the integration of emerging stock markets in Asia. *Journal of East Asian Economic Integration*, 15(4). <https://ssrn.com/abstract=2318230>
- Karim, M. M., Chowdhury, M. A. F., & Masih, M. (2022). Re-examining oil and BRICS' stock markets: New evidence from wavelet and MGARCH-DCC. *Macroeconomics and Finance in Emerging Market Economies*, 15(2), 196–214. <https://doi.org/10.1080/17520843.2020.1861047>
- Kasa, K. (1992). Common stochastic trends in international stock markets. *Journal of Monetary Economics*, 29(1), 95–124. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(92\)90025-W](https://doi.org/10.1016/0304-3932(92)90025-W)

-
- Khan, I. (2023). An analysis of stock markets integration and dynamics of volatility spillover in emerging nations. *Journal of Economic and Administrative Sciences*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1108/JEAS-10-2022-0236>
- Kim, S. J., Moshirian, F., & Wu, E. (2005). Dynamic stock market integration driven by the European Monetary Union: An empirical analysis. *Journal of Banking & Finance*, 29(10), 2475–2502. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2004.09.002>
- Kiong, W. V., Aralas, S., & Pinjaman, S. (2023). Islamic stock price and exchange rate: A wavelet analysis for ASEAN-5. *Global Business and Management Research: An International Journal*, 15(1), 142–148.
- Lehkonen, H., & Heimonen, K. (2014). Timescale-dependent stock market comovement: BRICs vs. developed markets. *Journal of Empirical Finance*, 28, 90–103. <https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2014.06.002>
- Levy, H., & Sarnat, M. (1970). International diversification of investment portfolios. *The American Economic Review*, 60(4), 668–675. <https://www.jstor.org/stable/1818410>
- Li, R., Tang, G., Hong, C., Li, S., Li, B., & Xiang, S. (2024). A study on economic policy uncertainty, geopolitical risk and stock market spillovers in BRICS countries. *The North American Journal of Economics and Finance*, 73, Article 102189. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2024.102189>
- Lu, M., & Banerjee, B. (2023). Visualizing the BRICS expansion in 4 charts. *Visual Capitalist*. <https://www.visualcapitalist.com/visualizing-the-brics-expansion-in-4-charts>
- Lu, X., Sun, J., Wei, G., & Chang, C. T. (2023). Causal interactions and financial contagion among the BRICS stock markets under rare events: A Liang causality analysis. *International Journal of Emerging Markets*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1108/IJOEM-01-2023-0055>
- Maiti, M. (2021). Quantile regression, asset pricing and investment decision. *IIMB Management Review*, 33(1), 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2021.03.005>
- Maiti, M., Vukovic, D., Krakovich, V., & Pandey, M. K. (2020). How integrated are cryptocurrencies? *International Journal of Big Data Management*, 1(1), 64–80. <https://doi.org/10.1504/IJBDM.2020.106874>
- Maiti, M., Vukovic, D., Vyklyuk, Y., & Grubisic, Z. (2022). BRICS capital markets co-movement analysis and forecasting. *Risks*, 10(5), Article 88. <https://doi.org/10.3390/risks10050088>
- Marfatia, H. A. (2017). A fresh look at integration of risks in the international stock markets: A wavelet approach. *Review of Financial Economics*, 34, 33–49. <https://doi.org/10.1016/j.rfe.2017.07.003>
- Mariani, M. C., Bhuiyan, M. A. M., Tweneboah, O. K., Beccar-Varela, M. P., & Florescu, I. (2020). Analysis of stock market data by using Dynamic Fourier and Wavelets techniques. *Physica*

- A: *Statistical Mechanics and its Applications*, 537, Article 122785. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.122785>
- Markowitz, H. M. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91.
- Matar, A., Al-Rdaydeh, M., Ghazalat, A., & Eneizan, B. (2021). Co-movement between GCC stock markets and the US stock markets: A wavelet coherence analysis. *Cogent Business & Management*, 8(1), Article 1948658. <https://doi.org/10.1080/23311975.2021.1948658>
- Mensi, W., Hammoudeh, S., Nguyen, D. K., & Kang, S. H. (2016). Global financial crisis and spillover effects among the US and BRICS stock markets. *International Review of Economics & Finance*, 42, 257–276. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2015.11.005>
- Mishra, A. K., Theertha, A., Amoncar, I. M., & RL, M. (2023). Equity market integration in emerging economies: A network visualization approach. *Journal of Economic Studies*, 50(4), 696–717. <https://doi.org/10.1108/JES-07-2021-0343>
- Mishra, P. K., & Mishra, S. K. (2022). Is the impact of COVID-19 significant in determining equity market integration? Insights from BRICS economies. *Global Journal of Emerging Market Economies*, 14(2), 137–162. <https://doi.org/10.1177/09749101211070960>
- Panda, P., Vasudevan, S., & Panda, B. (2021). Dynamic connectedness among BRICS and major countries stock markets. *Journal of Public Affairs*, 21(3), Article e2265. <https://doi.org/10.1002/pa.2265>
- Patel, R. J. (2019). BRICS emerging markets linkages. *The Journal of Private Equity*, 22(4), 42–59. <https://www.jstor.org/stable/26864435>
- Prakash, J. V., Nauriyal, D. K., & Kaur, S. (2017). Assessing financial integration of BRICS equity markets: An empirical analysis. *Emerging Economy Studies*, 3(2), 127–138. <https://doi.org/10.1177/239490151773073>
- Qureshi, F., Qureshi, S., Shah, S. S., Rehman, I. U., & Shahzad, F. (2020). Further evidence on co-movement between equity funds and business cycle variables in BRICS: A wavelet analysis. *Borsa Istanbul Review*, 20(Suppl. 1), S93–S102. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2020.10.011>
- Ramos-Requena, J. P., Trinidad-Segovia, J. E., & Sánchez-Granero, M. Á. (2020). An alternative approach to measure co-movement between two time series. *Mathematics*, 8(2), Article 261. <https://doi.org/10.3390/math8020261>
- Richards, A. J. (1995). Comovements in national stock market returns: Evidence of predictability, but not cointegration. *Journal of Monetary Economics*, 36(3), 631–654. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(95\)01225-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(95)01225-7)
- Ripley, D. M. (1973). Systematic elements in the linkage of national stock market indices. *The Review of Economics and Statistics*, 55(3), 356–361. <https://doi.org/10.2307/1927959>

-
- Rua, A., & Nunes, L. C. (2009). International comovement of stock market returns: A wavelet analysis. *Journal of Empirical Finance*, 16(4), 632–639. <https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2009.02.002>
- Sahabuddin, M., Hassan, M. F., Tabash, M. I., Al-Omari, M. A., Alam, M. K., & Islam, F. T. (2022). Co-movement and causality dynamics linkages between conventional and Islamic stock indexes in Bangladesh: A wavelet analysis. *Cogent Business & Management*, 9(1), Article 2034233. <https://doi.org/10.1080/23311975.2022.2034233>
- Savva, C. S. (2009). International stock markets interactions and conditional correlations. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 19(4), 645–661. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2008.11.001>
- Sayed, A., & Charteris, A. (2024). Integration among the BRICS stock markets: Filtering out global factors. *Investment Analysts Journal*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/10293523.2024.2366565>
- Shik Lee, H. (2004). International transmission of stock market movements: A wavelet analysis. *Applied Economics Letters*, 11(3), 197–201. <https://doi.org/10.1080/1350485042000203850>
- Torrence, C., & Webster, P. J. (1999). Interdecadal changes in the ENSO–monsoon system. *Journal of Climate*, 12(8), 2679–2690. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012)
- Tripathy, N. (2015). Stock market integration: Evidence from BRIC countries. *International Journal of Business and Emerging Markets*, 7(3), 286–306. <https://doi.org/10.1504/IJBEM.2015.070334>
- UNCTAD. (2023). *BRICS investment report* (Report No. UNCTAD/DIAE/2023/1). United Nations. <https://unctad.org/publication/brics-investment-report>
- Virk, N., & Javed, F. (2017). European equity market integration and joint relationship of conditional volatility and correlations. *Journal of International Money and Finance*, 71, 53–77. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2016.10.007>
- Vukovic, D. B., Lapshina, K. A., & Maiti, M. (2021). Wavelet coherence analysis of returns, volatility and interdependence of the US and the EU money markets: Pre & post crisis. *The North American Journal of Economics and Finance*, 58, Article 101457. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2021.101457>
- Wang, P., & Moore, T. (2008). Stock market integration for the transition economies: Time-varying conditional correlation approach. *The Manchester School*, 76(s1), 116–133. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.2008.01083.x>
- Wang, Z., Yang, J., & Bessler, D. A. (2003). Financial crisis and African stock market integration. *Applied Economics Letters*, 10(9), 527–533. <https://doi.org/10.1080/1350485032000100198>

EXTENDED ABSTRACT

This study examines stock market integration among BRICS countries (Brazil, Russia, India, China, and South Africa) using the wavelet transformation method. The research aims to uncover short- and long-term relationships by analyzing the dynamics of these countries' stock markets over time and across different frequencies. Daily opening prices from January 3, 2004, to December 29, 2023, were used in the study. The effects of significant economic crises, such as the 2008 Global Financial Crisis and the COVID-19 pandemic, were particularly assessed.

BRICS countries are notable for their rapid economic growth, vast natural resources, and growing influence in the global economy. The primary objective of this research is to reveal the levels of integration among the stock markets of BRICS countries and how this integration has evolved over time. In particular it examines how these markets were affected during economic crises and the extent to which they provide portfolio diversification opportunities for investors.

The wavelet transformation method was employed in this study, offering the ability to analyze financial markets in both time and frequency domains. This approach enables the identification of short- and long-term relationships within stock markets. Wavelet analysis allowed for a detailed examination of market behaviors during both crisis periods and normal conditions. Daily stock market opening prices in the dataset were converted into logarithmic returns for analysis, enhancing the accuracy and comparability of the results.

The findings indicate that the stock markets of BRICS countries exhibit low correlation levels in the short term, suggesting independent movement due to differing economic structures and local market dynamics. This short-term independence presents significant opportunities for portfolio diversification, especially during market shocks and uncertainties. The ability to spread risks across different markets becomes critical for minimizing losses and developing balanced investment strategies during times of volatility.

However, in the long term stronger integration among BRICS countries has been observed. Relationships between the stock markets of Brazil, India, and South Africa show higher levels of integration reflecting stronger economic and trade ties among these nations. Brazil stands out as a leading market within the BRICS group with significant influence on India and robust economic ties with South Africa, strengthening their long-term integration.

China and Russia on the other hand exhibit more independence in the short term compared to other BRICS countries. However factors such as energy trade, geopolitical relationships, and long-term economic connections contribute to their increasing levels of integration over time. Notably, China, with its central role in global trade and the size of its financial markets, is regarded as a cornerstone for long-term integration within the BRICS bloc.

During major global economic crises, such as the 2008 Global Financial Crisis and the COVID-19 pandemic integration among BRICS stock markets has significantly increased. This can be attributed to the synchronization of investor behavior and simultaneous market movements during periods of global uncertainty. For example, the heightened risk aversion during crises led investors to make similar decisions, thereby increasing market correlations. The COVID-19 pandemic further amplified global uncertainties, strengthening relationships among BRICS countries.

The findings highlight Brazil's role as a leading market with significant influence over India. In contrast, South Africa's stock market is more fragile and vulnerable to global economic fluctuations. While China and Russia display more independent economic structures compared to other BRICS nations, factors such as geopolitical ties and energy trade enhance their integration within the bloc over the long term.

Overall the study demonstrates a dynamic relationship among BRICS countries, characterized by short-term independence and long-term integration. These findings contribute valuable insights for investors and policymakers, emphasizing the importance of both risk management and economic collaboration to enhance global financial resilience.

The findings of the study provide valuable insights for both investors and policymakers, supporting critical decision-making processes. For investors, short-term independence offers significant opportunities for portfolio diversification due to low correlations between different stock markets. This independence enables investors to reduce risks and offset losses in one market with gains in others. During periods of economic crises or market volatility, such diversification strategies are crucial for building a more balanced portfolio. On the other hand, long-term integration enhances the potential for more stable and predictable returns, fostering confidence and encouraging sustained investments.

For policymakers these findings offer strategic guidance to strengthen economic cooperation among BRICS countries and build a more resilient financial system to withstand global financial crises. While the low level of integration between markets in the short term allows countries to maintain flexibility in responding independently to crises, long-term integration presents opportunities for joint policy development and deeper economic ties. In an era of frequent global financial volatility, these relationships enable BRICS countries to enhance trade, investment, and financial solidarity, securing a stronger position against global economic uncertainties. Consequently, the findings contribute to the development of policies that promote both economic growth and financial stability for BRICS nations. The research underscores the need to develop strategies that ensure flexibility in the short term and resilience in the long term, strengthening the potential to achieve both individual and collective economic goals.

This study reveals significant findings by examining how stock market integration among BRICS countries has evolved over time and how it has been impacted during periods of crisis. Short-term independence emerges as a result of differing economic structures and market dynamics in BRICS countries. This independence creates critical opportunities for investors in terms of risk management and portfolio diversification strategies. Even during periods of crisis, short-term independence was maintained, allowing investors to balance losses in specific markets with gains in others.

In the long term however, a higher level of integration among BRICS stock markets has been observed. This integration reflects the trade relationships, economic collaborations, and geopolitical ties among these nations. For instance, the high integration levels observed between Brazil, India, and South Africa can be explained by their economic scale and the interconnectedness of their financial systems. Although China and Russia initially exhibit more independent structures compared to other BRICS countries, factors such as energy trade and international collaborations have increased their integration over time. This highlights the collective strength and economic resilience of BRICS countries within the global financial system.

The study's findings also play a critical role in understanding the impact of financial crises on BRICS countries. During significant economic shocks such as the 2008 Global Financial Crisis and the COVID-19 pandemic, stock market integration among these nations increased markedly. This can be attributed to synchronized investor behavior and the simultaneous movements of

markets during crises. For example during crisis periods, risk-averse investors tended to gravitate toward safer assets leading to more synchronized movements among BRICS stock markets. However these crises also exposed vulnerabilities within the financial systems of BRICS countries. For instance South Africa's financial system demonstrated greater fragility compared to its BRICS counterparts making it more susceptible to global uncertainties. Conversely, countries like Brazil and India showed more resilient market structures, assuming leadership roles within the group.

In conclusion this study highlights the dynamic nature of stock market integration among BRICS countries, emphasizing short-term independence and long-term integration. These findings provide essential insights for investors and policymakers offering a framework for developing strategies to manage risks, foster economic collaboration, and enhance financial resilience in a rapidly changing global landscape.

This study has not only examined stock market integration but also provided a foundation for strengthening economic relations among BRICS countries. The findings suggest that enhancing cooperation and boosting mutual trade among these nations can increase resilience to financial crises. Furthermore, deepening this integration could help BRICS countries achieve a stronger position within the global financial system.

In conclusion this research has offered a comprehensive understanding of short- and long-term stock market relationships among BRICS countries, delivering valuable strategic insights for both investors and policymakers. The wavelet transformation method, with its ability to analyze data across time and frequency domains, stands out as a powerful tool for studies of this nature. Future research could leverage this method in sector-specific studies or combine it with other financial indicators to gain a more detailed understanding of economic and financial relationships within the BRICS bloc.

Considering the growing influence of BRICS nations in the global economy, such studies will undoubtedly contribute to the development of policies aimed at economic stability and resilience. This underscores the importance of continuous research to navigate the complexities of global financial systems effectively.





Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 209-231, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>


Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 15.11.2024 Accepted / Kabul: 03.01.2025

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1586293>

Exploring The Twin-Deficit Hypothesis by Considering the Energy Prices in Türkiye: The Evidence from the Rolling Window and the Spectral Causality Analyses*

İlkay GÜLER^a

^a Assist. Prof., Ankara Hacı Bayram University, Academy of Land Registry and Cadastre, Department of Registry Cadastre, Ankara, TURKIYE  <https://orcid.org/0000-0003-1289-6652>

Abstract

Worsening the budget and current account balance has been one of the government's most urgent issues, especially since the 1980s. Within this context, various studies have been conducted to find the accurate solution and whether there is a connection between the two unpleasant macroeconomic problems. The study aims to address the twin-deficit hypothesis at the full and sub-samples, with different frequencies, by employing the advanced causality test approaches in the case of the Turkish economy by considering energy prices. The Toda-Yamamoto, the Rolling-Window, and Breitung-Candelon Causality analyses are performed on the monthly data spanning from 2009:01 to 2024:08. When examining the evidence on the entire sample, the Ricardian Equivalence hypothesis is verified, and energy prices induce the budget deficit. However, the current account deficit and energy prices affect the budget deficit in the short run due to the outcome of the spectral analysis. The Rolling window discloses the causality relationship among the variables at the varied time intervals. The final testament of the study approves the Ricardian Equaliance in the case of Türkiye and rejects the twin-deficit hypothesis. The policy actions are recommended for the policy-makers based on the evidence obtained in the study.


Keywords

Budget Deficit,
Current Account
Deficit,
Energy Prices,
Macroeconomics,
Twin-Deficit

JEL Classification

O11, Q43, E60

* This study is derived from the paper titled "The relationship between energy foreign trade and exchange rate volatility: Turkey example," presented by İlkay Güler at the ICOAEF X International Conference on Applied Economics and Finance held on 8-9 December 2023 (Güler, 2023).

Contact Güler, İ. ✉ ilkay.guler@hbv.edu.tr  Ankara Hacı Bayram University, Academy of Land Registry and Cadastre, Department of Registry Cadastre, Ankara, TURKIYE

Citation Güler, İ. (2025). Exploring the twin-deficit hypothesis by considering the energy prices in Türkiye: the evidence from the rolling window and the spectral causality analyses. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 209-231.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

İkiz Açık Hipotezini Türkiye'deki Enerji Fiyatlarını Dikkate Alarak Araştırmak: Kayan Pencere ve Spektral Nedensellik Analizlerinden Elde Edilen Kanıtlar

Öz

Bütçe ve cari işlemler dengesinin kötüleşmesi, özellikle 1980'lerden beri hükümetlerin en acil konularından biri olmuştur. Bu bağlamda, iki tatsız makroekonomik sorun arasında bir bağlantı olup olmadığı ve doğru çözümü bulmak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışma, ikiz açık hipotezini Türkiye ekonomisi örneğinde enerji fiyatlarını dikkate alarak gelişmiş nedensellik testi yaklaşımlarını kullanarak tam ve alt örneklerde, farklı frekanslara ele almayı amaçlamaktadır. Toda-Yamamoto, Kayan Pencere ve Breitung-Candelon Nedensellik analizleri 2009:01-2024:08 dönemini kapsayan aylık veriler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Tüm örneklem üzerinde kanıtlar incelendiğinde, Ricardocu Denklik hipotezi doğrulanmakta ve enerji fiyatları bütçe açığını tetiklemektedir. Ancak, spektral analiz sonucuna göre cari açık ve enerji fiyatları kısa vadede bütçe açığını etkilemektedir. Kayan pencere, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini farklı zaman aralıklarında ortaya koymaktadır. Çalışmanın nihai sonucu, Türkiye örneğinde Ricardocu Eşitliği onaylamakta ve ikiz açık hipotezini reddetmektedir. Çalışmada elde edilen kanıtlara dayanarak politika yapıcılar için politika eylemleri önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler

Bütçe Açığı,
Cari İşlemler Açığı,
Enerji Fiyatları,
Makroekonomik,
İkiz Açık

JEL Kodu

O11, Q43, E60

1. Introduction

The budget and current account deficits are among the critical problems of the Turkish economy. The budget deficit occurs when public expenditures exceed public revenues, while the current account deficit emerges when the current account¹ in the balance of payments² is in deficit. In the 1980s, these two deficits were correlated and called the 'twin deficit hypothesis' in the USA. The first view on the twin deficit is the traditional Keynesian theory, which argues that an increase in the budget deficit increases the current account deficit. It is based on the Mundell-Fleming model. According to this theory, the budget balance directly and indirectly affects the current account balance. If there is a dependency on imports for intermediate goods production in a country where public investment is made, the increase in public investments will increase imports. Thus, a current account deficit will occur with a direct effect. The indirect effect occurs when public expenditures increase or tax revenues decrease. As a result, total demand will increase, causing imports to increase and disrupting the current account balance. In addition, if bonds are issued in an economy to finance budget deficits, the national currency will appreciate while interest rates increase, and the demand for imported goods will increase. Thus, a current account deficit will occur.

¹ It comprises foreign trade (export & import), services, and transfer accounts.

² It comprises current, capital, financial, reserve assets, net errors, and omissions accounts.

The second view on the twin deficit is the Ricardian equivalence hypothesis, which suggests no relationship between budget deficits and current account deficits (Mishkin, 2007). It is assumed that individuals are rational and expect that the tax reduction to be implemented by the state will be financed by higher taxes in the future. The savings will not be directed to consumption, so imports will not increase, and as a result, the current account balance will not be disrupted.

Energy imports are among the most critical factors that disrupt the current account balance. As is known, economic growth brings with it an increase in production. Energy is crucial for production in all sectors and for meeting the majority of the physical needs of households in Maslow's hierarchy of needs. In addition, energy is also needed for environmental and social sustainability as well as increasing social and cultural welfare. However, energy prices are affected by the limited energy supply in the world on the one hand and the exchange rate volatility on the other, thereby increasing inflation and profoundly affecting the economy. Since energy resources are limited in Türkiye, there is an import dependency on primary energy resources. Therefore, exchange rate fluctuations are essential. Since 2013, the FED's tight monetary policy, the political developments, and the focus on economic growth have brought exchange rate volatility to the forefront in Türkiye. Hence, any fluctuation in the exchange rate increases costs and is reflected in foreign trade. Even if measures are taken to protect foreign trade, exchange rate volatility may occur and affect energy prices.

First of all, the purpose of this study is to examine the twin deficit in Türkiye and to investigate whether the increase in energy imports has an effect on the current account deficit. For this purpose, Toda-Yamamoto, Rolling-Window, and Breitung and Candelon Frequency-based causality test analyses were conducted in 2009:M01-2024:M08. Employing the econometric approaches on the different frequencies and time intervals is the study's unique contribution because the validity of twin deficits when considering energy prices can be investigated through a sub-sample of the entire sample. Policymakers can learn about the presence of the twin deficit at different time intervals.

The study continues by examining the relationship between energy foreign trade and the current account deficit in Türkiye. Subsequently, the relevant literature review is presented, followed by methodology, analysis, results, and general evaluation.

2. Energy Foreign Trade and Current Account Deficit Relationship in Türkiye

Production is carried out using fossil energy resources in Türkiye. Given the fact that the production of oil and natural gas is limited, it is met through imports. However, fluctuations in exchange rates, legal regulations, taxes, and conflicts or wars in countries of import affect energy foreign trade. Chart 1 presents energy exports and energy imports in Türkiye.

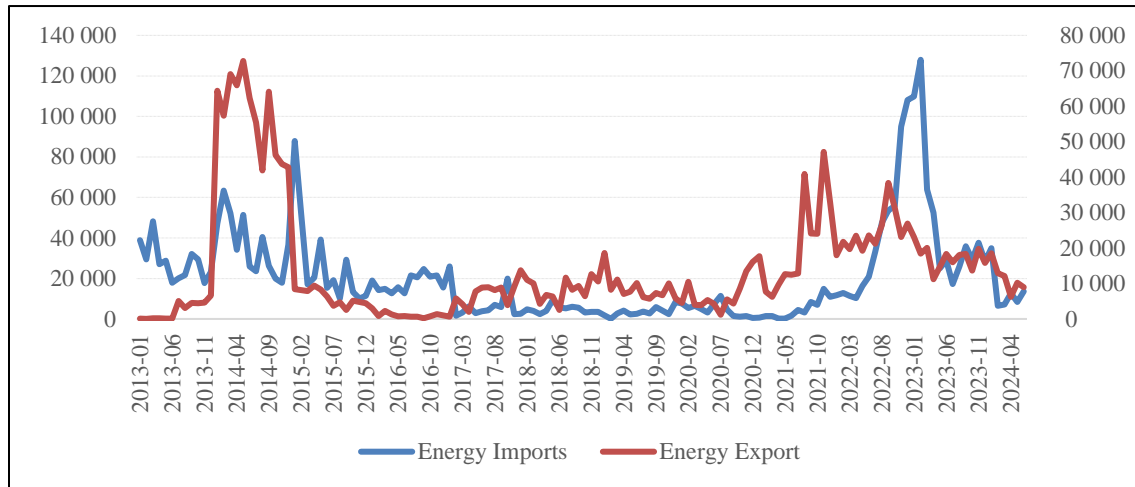


Chart 1. Energy Import – Energy Export (TCMB, 2024)

As seen in Chart 1, since energy supply sources are limited in Türkiye, energy exports cannot meet energy imports.

Energy imports, the most substantial contributor to Türkiye's current account deficit, play a crucial role in the country's economic balance. Chart 2 presents a detailed breakdown of all items in Türkiye's current account.

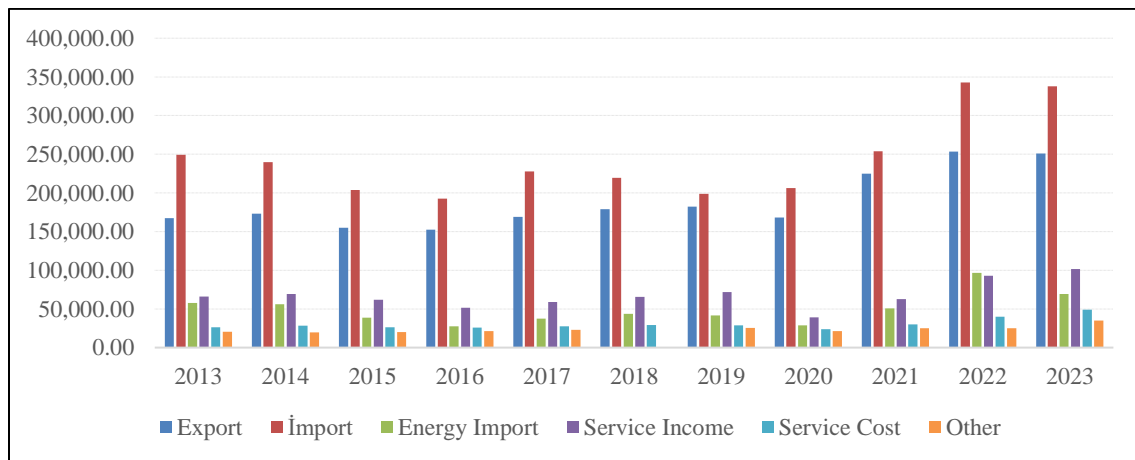


Chart 2. Current Account (TCMB, 2024)

When Chart 2 is evaluated, it is seen that the share of energy imports in the total imports of all sectors has increased in the post-pandemic period. The increase in energy imports has also caused Türkiye to be affected by global energy prices. This situation is among the crucial factors in increasing the headline current account deficit in recent years. The fluctuation in energy prices is shown in Chart 3.

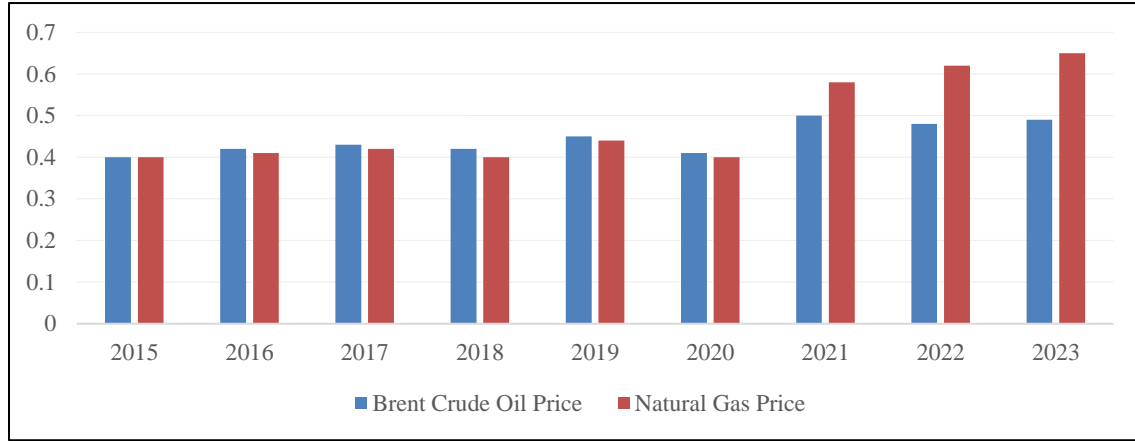


Chart 3. Oil and Natural Gas Prices (Gokcu, 2023; TÜİK, 2024)

As seen in Chart 3, the fluctuations in natural gas and oil prices, especially in 2022-2023, have caused energy prices to increase due to both the increase in demand following the pandemic period and the impact of the war between Russia and Ukraine.

In addition to the heavy burden of our country's dependence on imports of energy resources, when the burden of the carbon border adjustment mechanism (CBAM) is added, it will become more challenging to prevent the current deficit every passing day. This situation will negatively affect the Turkish economy. Considering the economic burden of fossil energy on the one hand and the CO₂ emissions on the other, it is impossible for both the economy and the environment to be sustainable. Therefore, the importance of using renewable energy sources comes to the fore once again.

3. Literature Review

The twin deficit hypothesis has been one of the prominent macroeconomic frameworks and research objectives in the literature. About the volume of the literature, controversial mixed evidence has been encountered. Within this scope, the existing literature can be classified into two categories: the research involved in the first one supports the Keynesian proposition, meaning the

presence of the twin deficit, and the Ricardian Equivalence hypothesis is approved by the research involved in the second. Darrat (1988) managed one of the seminal research for the United States by applying the Granger causality analysis, and a mutual causality connection between the budget and the trade deficit was detected, which confirmed the presence of the twin deficit. Rosenwieg and Tallman (1993) also conducted an investigation performing the VAR models for the United States, and they present the transmission mechanism in which the budget deficit leads to an increase in the dollar, contributing to the trade deficit. Another prominent study was conducted by Vamvoukas (1997) for Greece, and the survey findings approved the validity of the Keynesian proposition. Khalid and Guan (1999) disclosed evidence on whether the twin deficit phenomenon depends on the country's development stage, and they show that the twin deficit holds for developing countries but for developed ones.

Kiran (2011) adopts the fractional cointegration approach for Türkiye, and as a result of the study, it discloses weak evidence supporting the validity of the twin deficit. Miteza (2012) assesses the connection between the budget deficit and the current account deficit for 20 OECD countries. The Arellano-Bond difference GMM estimator and the panel Granger causality analysis are performed, and the estimation finding proves that the budget deficit influences the current account deficit. Hoque et al. (2015) apply the panel fixed, random effects, and OLS regression to test the presence of the twin deficit for 14 developing Asian countries. When performing the panel methods, the study reveals that the budget deficit is the factor causing the current account deficit, confirming the presence of the twin deficit. A 1% increase in budget deficit leads to a widening of the current account deficit, measured as 0.31%. Bölükbaş et al. (2018) perform the panel causality tests on the second generation, including the Dumitrescu-Hurlin (2012) and Emirmahmutoglu-Kose (2011) to examine the twin deficit for the EU-27 countries and Türkiye. The study discloses mixed causality outcomes for the countries considered. For example, the mutual causality relationship holds for 16 out of 28 countries, while a one-way causality link is verified for 5 EU countries. Using panel cointegration analysis, Özçalık and Erataş (2014) investigated the twin deficit hypothesis in emerging market economies. As a result of the analysis, it was concluded that there was no relationship between the current account deficit and the budget deficit. Shastri et al. (2017) endeavor to obtain the result on the presence of the twin deficit for selected 8 Asian countries, and the panel methods with the first and second-generation are executed within this objective. According to the examination, it is concluded that the budget and the current account

deficit have a solid mutual connection in the countries regarded. Bayramoğlu and Öztürk (2018) conducted a study addressing the triple deficit hypothesis in developing countries. The Dumitrescu Hurlin Panel causality analysis is executed. The analysis shows that the budget deficit induces the current account deficit, which poses the validity of the twin deficit. In contrast, a valid interconnection between domestic savings and the current account deficit is confirmed. Still, the non-causality link between the fixed capital investments and the current account deficit is found. This evidence means the partial presence of the triple deficit hypothesis in the considered countries. Okoli et al. (2021) investigated whether the prevalence of the Ricardian Equivalence or the twin-deficit hypothesis matters for BRICS countries. The panel analysis revealing the threshold relationship between the variables is applied within this scope. The study's findings claim that the twin deficit becomes more visible in the BRICS countries, after which both imbalances further increase, and either of the deficits will dramatically increase the other. Dogan and Saykal (2022) try to reach evidence on the presence of the twin deficit by considering the inflation in the case of Türkiye. The VAR models and Granger causality analysis are applied, and the consequence of the investigation proves the absence of the twin deficit. In contrast, the budget and the current account deficit are found to be factors increasing inflation. Asrafuzzaman et al. (2013), who investigated the twin deficit hypothesis in Bangladesh using the same analysis methods, determined a bidirectional causality relationship between the current account deficit and the budget deficit. In Türkiye, İyidoğan and Erkam (2013), Ata and Yücel (2003), Duman and Belke (2011), and Yılmaz and Akıncı (2012), who applied Granger causality analysis at different time intervals, reached similar results in their studies. Liu and Gu (2023) use the bootstrap rolling window approach to analyze whether the causality relationship between the fiscal and trade deficit depends on the time interval between 1901 and 2018 in the USA. As a result of the estimation, it is found that the trade deficit is positively influenced by the fiscal deficit from 1946 to 1956, from 1982 to 1998, in 2002, and from 2002 to 2008. The fiscal deficit had a negative effect on the trade deficit from 1937 to 1945, whereas the trade deficit negatively induced the fiscal deficit from 1940 to 1942, from 1959 to 1975, and from 1981 to 1994. Hussain et al. (2024) apply the augmented ARDL approach to test the twin-deficit hypothesis in Pakistan by focusing on two separate models: the current account balance and the trade balance are used as the dependent variables. When examining the evidence on two different models, the twin-deficit hypothesis holds for Pakistan, and the one-way causality link operating from fiscal deficit to the balance of trade is verified. Moreover, the openness of the

economy and the exchange rate impair and enrich the current account balance, respectively. In Türkiye, Kılavuz and Dumrul (2012) and Altunöz (2014), who applied ARDL analysis for different periods, concluded that there is no relationship between the current account deficit and the budget deficit. Chang et al. (2024) apply the system-equation ADL test for the threshold cointegration test introduced by Li (2017) in the USA. According to the estimation, the twin-deficit hypothesis is confirmed, and a nonlinear long-run connection between trade and budget deficit is found. Lubna and Saha (2024) try to reach evidence on the presence of the twin deficit in Bangladesh by applying the ARDL approach, the Granger causality analysis, and the VAR model. The study's outcome discloses that the current account and fiscal deficit significantly influence each other, while the fiscal deficit causes the current account deficit. Akyol et al. (2023) and Emirmahmutoglu and Köse (2011) tested the twin deficit hypothesis using panel causality, Durbin-h panel cointegration (2008) and panel ARDL bounds tests. As a result of the analysis, while the results supporting the Keynesian approach were reached for Germany, France, Lithuania, Malta, Portugal, and Slovenia, it was determined that the twin deficit hypothesis was not valid in 15 countries in Europe.

Although there are numerous studies in the literature on the twin deficit hypothesis mentioned above, two studies examine the relationship between energy inflation and the twin deficit. Kousar et al. (2022) used the VAR model to examine the relationship between climate change, exchange rate, twin deficit, and energy inflation in Pakistan. When the evidence regarding the model is examined, it is seen that the twin deficit and exchange rate have a significant and positive relationship with energy inflation. In addition, it was found that the effect of the twin deficit on oil prices was more significant than electricity prices. Asif et al. (2023) aimed to analyze the twin deficit's effect on India's energy inflation in a linear and nonlinear framework and used ARDL and NARDL approaches in this direction. The findings show a negative relationship between the twin deficit and energy inflation in the symmetric model. Karaş (2024) applied the ADF unit root test, Zivot-Andrews structural break root test, Gregory-Hanen cointegration test, and Granger causality test to examine the relationship between the current account deficit and budget deficit in Türkiye. As a result of the analysis, a long-term relationship was determined between the budget deficit, current account deficit, and interest. It has been determined that there is a one-way causality relationship between the current account deficit and interest and budget deficit and a two-way causality relationship between the budget deficit and interest.

As a result of the existing studies on the twin deficit, nearly all of the studies investigated the entire sample using different econometric methods. However, the validity of the twin deficit may vary over the time horizon because sub-components of time intervals differ under the various shocks caused by domestic and international markets, varied economic situations, or applied policies. Within this scope, the study investigates the presence of twin deficits by employing the Rolling-Window, Breitung-Candelon Causality, and the conventional Toda-Yamamoto causality analysis. Moreover, as the payments for energy prices are pivotal for the budget and current account balance of Türkiye because of the reliance on imported energy resources, the study also considers the energy prices under the presence of the twin deficit.

4. Data and Methodology

The study has addressed the validity of the twin-deficit hypothesis by considering the role of energy prices in Türkiye. Within this objective, the variables on budget and the current account balance are achieved via the Central Bank of the Republic of Türkiye of Datastream (EVDS). As for the energy prices, the study uses the Brent petrol spot price of Europe via the European Union's website. The budget deficit is calculated by considering the consolidated budget's items, and the current account deficit is also calculated by considering the international balance of payments items. The time interval is based on the monthly time interval spanning from 2009:01-2024:08 with the aim of reaching evidence after the 2008 Global Financial Crisis. All considering series are used in the logarithmic forms to overcome the serial correlation and heteroskedasticity issues. As the budget and the current account are in deficit, they are first converted into the applicable forms for the logarithmic process. The process employed in the budget and current account is shown in the footnote³.

4.1. Toda-Yamamoto Causality Analysis

Granger (1969) causality analysis, which is the pioneering model in causality analysis, is based on a number of limitations. In order for non-stationary series to be subject to analysis, differencing procedures should be applied. Differencing leads to loss of information in the series. In order to prevent information loss, Toda and Yamamoto developed a causality test based on the adjusted VAR model.

³ series logcax2=@recode(ca>0, log(1+ca),-log(1-ca)) series logbudgetx2=@recode(budget>0,log(1+budget),-log(1-budget))

In this test, which is called Toda-Yamamoto causality analysis, the stationarity status of the series is analyzed with the level value regardless of the number of differencing operations. In this test, the degree of stationarity of the series as well as the possible cointegration relationship between the series do not affect the validity of the analysis results (Toda & Yamamoto, 1995:227). Although the model developed by Toda-Yamamoto has fewer restrictions compared to Granger causality analysis, certain steps should be followed in this test phase. The first condition is to determine the appropriate lag length and the lag length is determined by considering the lag length of the VAR model. AIC, SCI and Hannan-Quin (HQ) information criteria are taken into account in determining the optimal lag length in the VAR model. The second case is the determination of the maximum stationarity level of the variables. After determining the lag length and the maximum stationarity level, a VAR model with the sum of these two values is constructed and Toda-Yamamoto causality analysis is performed. In the second stage, the Wald test is applied by ignoring the coefficients with maximum degrees of stationarity added to the appropriate lag. The optimal lag length (p) and the maximum degree of cointegration of the variables (d_{max}) VAR model is constructed with a lag length of $k+d_{max}$. When examining the causality relationship, the MWALD test, which includes only k lag length, is applied. The null hypothesis of the test states that there is no causality relationship results (Toda & Yamamoto, 1995).

4.2. Rolling-Window Causality Analysis

The symmetric or asymmetric causality relationship between series varies over time. Local or global events during the period in which the series are analyzed may affect the causality relationship. At this point, economic, political and social events that take place during the period to be analyzed may cause the causality relations of the variables to differ periodically (Tang, 2008). The fact that periodic structural changes will cause changes in the parameters of the variables has paved the way for time-dependent causality analysis. Moreover, it is emphasized that there will be an interaction between variables under the conditions assumed in the economic literature. Performing time-varying causality analysis not only provides policymakers with periodic policy recommendations but also helps to identify the conditions under which existing theoretical interactions occur. Time-varying causality analysis can be performed from a symmetric or asymmetric perspective over the series considered. Time-varying symmetric and asymmetric causality analysis are time-varying versions of the Hacker and Hatemi (2006) and Hatemi and Irandoust (2012) causality tests. The time-varying asymmetric causality analysis was developed by Yılancı and Bozoklu (2014) based on the model presented by Hatemi and Irandoust (2012). In time-varying causality tests, the entire sample set is not used; instead,

the analysis is performed by determining a sample size smaller than the sample size, i.e. a window width. The sub-periods to be analyzed are defined in equation 5 below.

$$t = \tau - l + 1, \tau - 1, \dots, \tau, \tau = l, l + 1, \dots, T \quad (5)$$

In Equation 5, the term l represents the rolling window size. The most important factor in time-varying causality analysis is the determination of the appropriate sub-period, i.e. the number of windows (Brooks & Hinich, 1998). The equation presented by Caspi (2017) is taken as a basis in the literature. The equation used to determine the number of windows is shown below.

$$l = T(0.01 + 1.8/\sqrt{T}) \quad (6)$$

In the analysis process, causality analysis is performed from the first observation in the first sub-sample to the last observation of the window width. In the next step, the first observation in the first window is deleted and the observations after the last observation of the window width are added and the causality analysis is repeated. This analysis process continues until the last observation of the entire sample set. (Balcılar et al., 2010).

4.3. Breitung –Candelon based on Frequency Causality Analysis

Breitung and Candelon are also applied with the Granger method and the Toda-Yamamoto method with increased lags. Breitung and Candelon (2006) used a bivariate vector autoregressive model. With this model, they proposed a single test procedure by constructing a linear hypothesis on the autoregressive parameters. In this way, the test procedure can be generalized to examine both multidimensional systems and cointegration relationships. The Breitung and Candelon (2006) test allows the data period to be analyzed based on short, medium and long frequencies, thus making it advantageous compared to other causality tests. In order to test in the frequency domain, Geweke (1982) and Hosoya (1991) defined a two-dimensional vector based on the VAR assumption and the vector can be represented as in equation 7;

$$h_t = [d_t, f_t]' ; \odot(L) b_t = \epsilon_t ; \odot(L) = I - \odot_1 L - \dots - \odot_p L^p \quad (7)$$

The lag length and Granger causality analysis over the specified lag length can be expressed in terms of equations 8 and 9, respectively;

$$L^k h_t = h_{t-1} \quad (8)$$

$$S_{d \rightarrow f} = \log \left[\frac{2\pi f_x(\omega)}{|\vartheta_{11}(e^{-i\omega})|^2} \right] = \left[\frac{|\vartheta_{12}(e^{-i\omega})|^2}{|\vartheta_{11}(e^{-i\omega})|^2} \right] \quad (9)$$

$|\vartheta_{12}(e^{-i\omega})|^2 = 0$ is not the Granger cause of a at frequency ω , and if the components of h_t are stationary after first differencing, the autoregressive $\Theta(L)$ contains a unit root and the remaining roots are outside the unit circle. If h_{t-1} in equation 7 is subtracted on all sides, equation 10 is obtained (Breitung & Candelon, 2006).

$$\Delta h_{t-1} = (\Theta_1 - I) h_{t-1} + \Theta_2 h_{t-2} + \dots + \Theta_p h_{t-p} = \widehat{\Theta}(L) h_{t-1} + \epsilon_t \quad (10)$$

5. Results

The study first addresses the stochastic behavior of the considered variables by using the ADF and KPSS unit root tests. The results of the unit root tests are tabulated in Table 1. According to Table 1, *lnCA* does not contain a unit root and is stationary at the 1% significance level. As for *lnBudget*, the null hypothesis of the ADF unit root tests can not be rejected, whereas the null hypothesis of the KPSS unit root tests can not be accepted, which confirms the presence of a unit root at the level. However, the series becomes stationary at the first difference. When considering the outcome of the unit root tests on *lnPetrol*, the results vary with the employed unit root test and its versions. The KPSS unit root test results confirm the null hypothesis at a 5% significance level, and *lnPetrol* involves any unit root at a 10% significance level as a result of the ADF unit root test with constant. At the same time, the series contains a unit root due to the finding of the ADF unit root test with constant and trend while the series becomes stationary at the first differences.

Table 1⁴

The Result of The Unit Root Tests

Variables	The Level				The First Differences			
	ADF		KPSS		ADF		KPSS	
	C	C&T	C	C&T	C	C&T	C	C&T
lnCA	-6.670470*	-7.030039*	0.563932*	0.066890*	-	-	-	-
lnBudget	-2.617253	-2.895752	0.280721	0.246701	-8.781101*	-8.989006*	0.091603*	0.058839*
lnPetrol	-2.787850***	-2.902468	0.283386**	0.184594*	-10.88994*	-10.86996*	-	-

When interpreting the outcome of the stationary analysis, the handling series have different integrated orders, and the presence of the twin deficit hypothesis is investigated under the light of the considered situations. Within this context, the Toda-Yamamoto causality analysis is executed,

⁴ *, **, and *** are significance levels at the 1%, 5%, and 10% level, respectively.

and the optimal lags for the Toda-Yamamoto causality analysis are shown in the Appendix. The outcome of the Toda-Yamamoto causality analysis is presented in Table 2. According to Table 2; it is identified that the twin deficit does not hold for Türkiye because the neutrality causality connection between lnCA and lnbudget is verified. Moreover, lnbudget is induced by lnpetrol. In the study, as the Turkish economy is the price-taker of the petrol price, the one-way causality link from lnpetrol to lnCA and lnbudget is considered.

Table 2

The Result of Toda-Yamamoto Causality Analysis

Models	Chi-sq	k+dmx	Prob.
lnCA-->lnBudget	9.680458	7	0.1388
lnBudget--> lnCA	7.569537	7	0.2714
lnPetrol--> lnBudget	12.94470	7	0.0439
lnPetrol--> lnCA	0.186486	2	0.6659

The evidence obtained from the Toda-Yamamoto causality analysis is based on the entire period, and the causality connection between the variables may be verified at different frequencies or sub-time intervals. Therefore, the Breitung-Candelon frequency-domain causality is performed. The optimal lag must be at least three to perform the Breitung-Candelon frequency-domain causality, and the causality link between lnCA and lnbudget applies to execute. The one-way causality link from lnpetrol to lnbudget is applicable. The outcome of the analysis is disclosed in Figure 1. When a 5% significance level is considered, lnbudget is caused by lncurrent in the short run, and lnpetrol induces lnbudget in the short run.

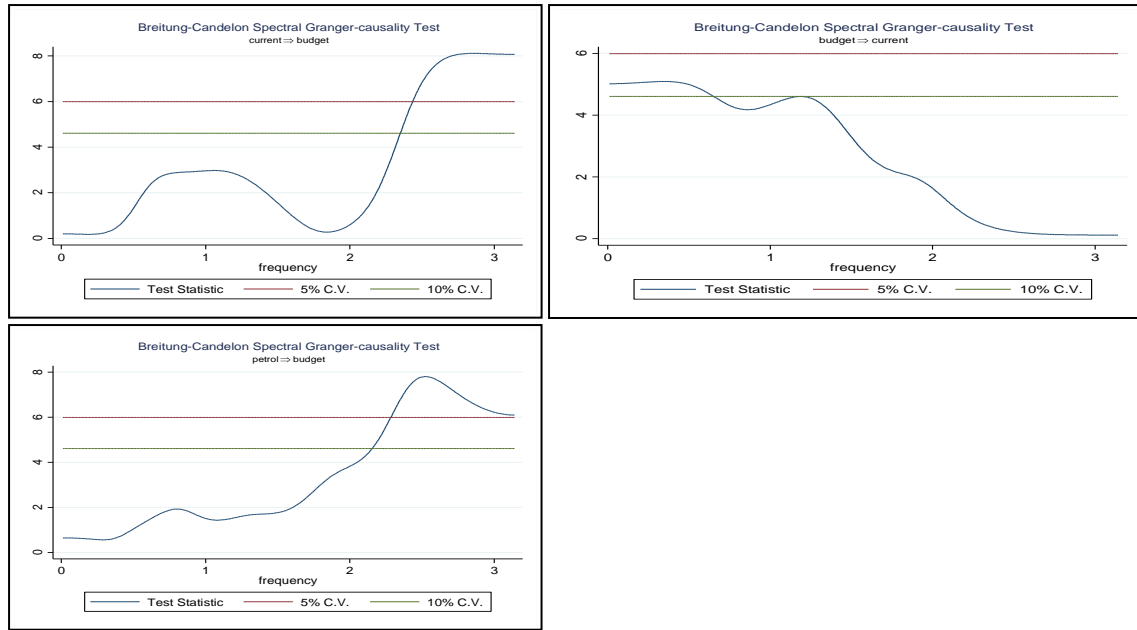
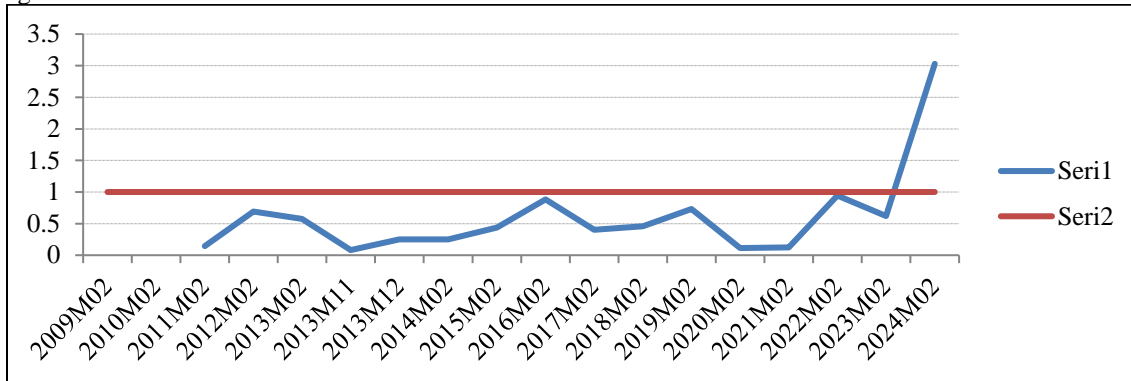


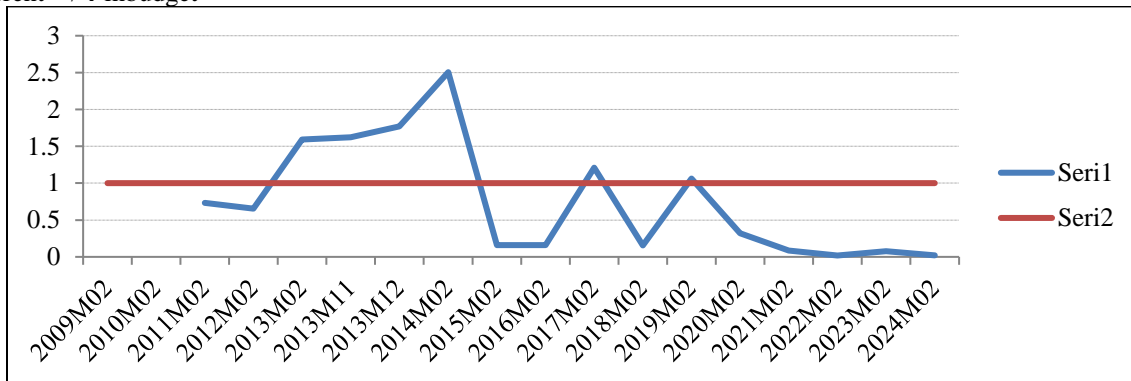
Figure 1. The Result of the Breitung-Candelon Spektural Causality Analysis

The rolling-window causality analysis is the last econometric approach performed, and the analysis's findings are displayed in Figure 2. According to the analysis, Inbudget is the cause of Incurrent in 2011:M11-2011:M12, 2015:M11-2016:M06, 2022:M04- 2022:M09, EXCEPT 2022:M08, 2023:M12-2024:M08. Moreover, Incurrent causes Inbudget in 2012:M07-2014:M03. This evidence implies the rejection of the twin deficit in the case of Türkiye. Moreover, Inpetrol promotes effect on Incurrent over nearly the period between 2011:M09 and 2014:M07. On the other hand, Inpetrol has limited power on Inbudget.

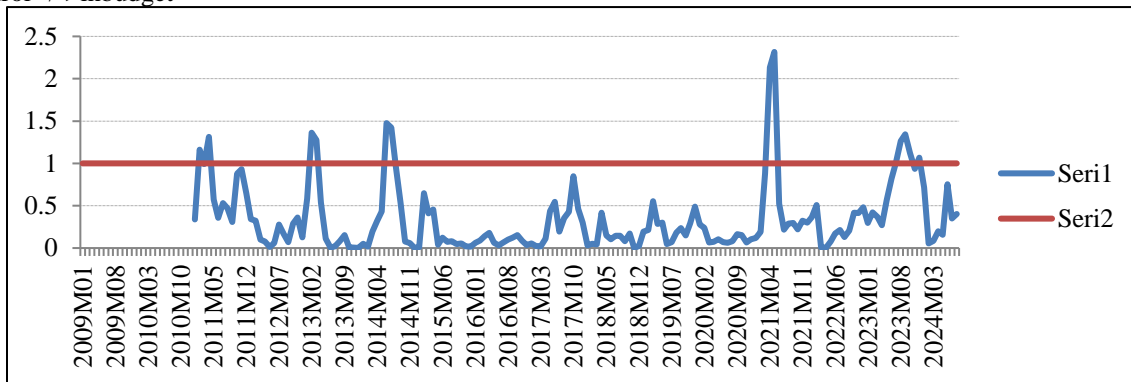
Lnbudget---/→Incurent



Incurent---/→Inbudget



Inpetrol--/→Inbudget



Inpetrol--/→Incurent

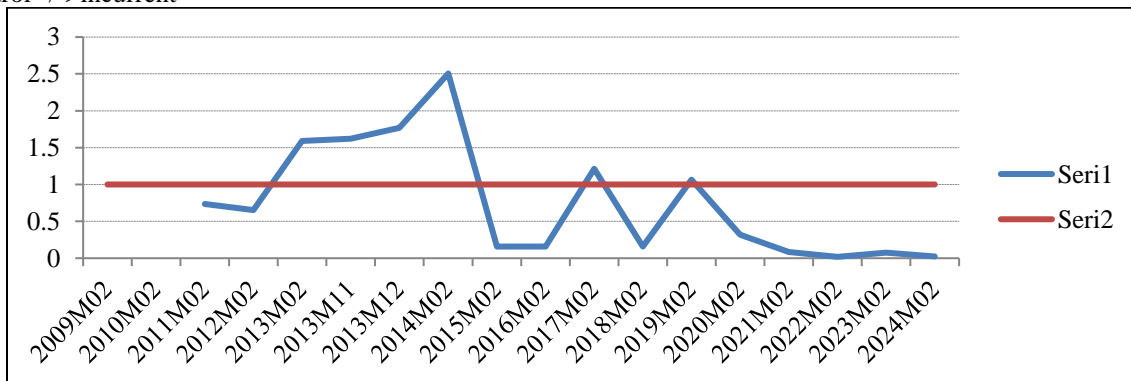


Figure 2. The Result of the Rolling Window Causality Analysis

6. Conclusion

The twin-deficit hypothesis has been one of the most received attention in the literature, and the popular studies on the objective still matter by using novel econometric approaches and control variables. Briefly, the twin-deficit hypothesis discloses that a worsening in the current account balance is associated with an increase in the budget deficit, which is based on the conventional Keynesian theory. However, the Ricardian equivalence hypothesis reveals a controversial framework that shows that the connection between budget deficit and current account deficit is not valid. In addition to the theoretical disputes, empirical evidence has also been varied. Within this scope, the study has been motivated to detect the validity of the twin deficit in varied sub-samples and different frequencies in the case of the Turkish economy over the period between 2009:M01-2024:M08. Along with testing the twin hypothesis, the question of whether the petroleum price matters for the twin-deficit hypothesis is also scrutinized. In order to reveal the evidence on the entire considered period, the Toda-Yamamoto, ignoring the structural breaks, is applied. Besides, the Rolling-Window and Breitung and Candelon causality analysis are also performed to disclose the evidence on the sub-sample and different frequencies. When examining the result of the Toda-Yamamoto causality analysis, the study claims that there is no causal connection between the budget deficit and the current account deficit, which verifies the Ricardian equivalence hypothesis for the Turkish economy for the all-considered entire sample. The outcome achieved is also supported by a number of studies (Özçalık and Erataş,2014; Kılavuz and Dumrul,2012; Altınöz,2014). However, the budget deficit is induced by petrolüem prices. As for the varied frequencies, the Breitung and Candelon causality analysis presents that the budget deficit is caused by the current account deficit in the short run, whereas the current account deficit is not induced by the budget deficit through different frequencies at a 5% significance level. Moreover, petrol prices have an effect on the budget deficit in the short run. As a result, it is understood that the Toda-Yamamoto and Breitung-Candelon causality analyses provide supportive evidence for each other. Finally, the rolling-window causality analysis presents the rejection of the twin deficit but partially the causality link running from the budget deficit to the current account deficit. Moreover, the petroleum prices have an impact on the budget and current account deficit in the last part of the sample. Within this scope, the policymakers of the Turkish economy may address the efforts to improve the budget and current account deficit in terms of varied and dependent policy actions. In order to improve the budget balance, the monetary and fiscal policies should be

determined in the light of the budget discipline, and allocating funds and expenditures should be oriented toward efficiency and productivity. As for the current account balance, efforts are recommended to aim at advanced technology, reducing the imported investment and raw materials, and enriching the international comparative advantages.

Declaration of Research and Publication Ethics

This study which does not require ethics committee approval and/or legal/specific permission complies with the research and publication ethics.

Researcher's Contribution Rate Statement

Since the author is the sole author of the article, the contribution rate is 100%.

Declaration of Researcher's Conflict of Interest

There are no potential conflicts of interest in this study.

7. Appendix

varsoc budget current , maxlag(8)								
Selection-order criteria								
Sample: 9 - 188			Number of obs			= 180		
lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-1318.67				8089.56	14.6741	14.6885	14.7096
1	-1276.17	84.985	4	0.000	5274.51	14.2464	14.2895*	14.3528*
2	-1274.52	3.3104	4	0.507	5413.85	14.2724	14.3444	14.4498
3	-1268.72	11.597	4	0.021	5307.02	14.2525	14.3532	14.5008
4	-1266.19	5.0594	4	0.281	5394.91	14.2688	14.3983	14.5881
5	-1261.06	10.268	4	0.036	5328.09	14.2562	14.4144	14.6464
6	-1244.1	33.925*	4	0.000	4614.33*	14.1122*	14.2992	14.5734
7	-1241.78	4.633	4	0.327	4702.72	14.1309	14.3466	14.663
8	-1239.17	5.2223	4	0.265	4777.55	14.1463	14.3908	14.7494
Endogenous: budget current								
Exogenous: _cons								
varsoc current petrol , maxlag(8)								
Selection-order criteria								
Sample: 9 - 188			Number of obs			= 180		
lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-643.019				4.44207	7.16687	7.18126	7.20235
1	-426.868	432.3*	4	0.000	.420588*	4.80965*	4.8528*	4.91608*
2	-424.03	5.6768	4	0.225	.426061	4.82255	4.89447	4.99994
3	-421.369	5.3223	4	0.256	.432468	4.83743	4.93812	5.08577
4	-417.693	7.3507	4	0.118	.434069	4.84104	4.9705	5.16033
5	-414.961	5.4639	4	0.243	.440289	4.85513	5.01336	5.24538
6	-413.255	3.4123	4	0.491	.451745	4.88061	5.06761	5.34182
7	-411.843	2.8252	4	0.587	.465047	4.90936	5.12513	5.44152
8	-407.413	8.8588	4	0.065	.462997	4.90459	5.14913	5.5077
Endogenous: current petrol								
Exogenous: cons								

Kaynakça

- Akyol, G., Turan, A., & Zeren, F. (2023). Avrupa Birliği ülkelerinde ikiz açık hipotezinin geçerliliğinin araştırılması: panel veri analizi yaklaşımı. *Uluslararası Ticaret ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 1-12. <https://doi.org/10.30711/utead.1130207>
- Altunöz, U. (2014). İkiz açık hipotezinin geçerliliği sınır yöntemiyle sınanması: Türkiye örneği. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(17), 426-446. <https://doi.org/10.14520/adyusbd.763>
- Asif, M., Sharma, V., Chandniwala, V. J., Khan, P. A., & Muneeb, S. M. (2023). Modelling the dynamic linkage amidst energy prices and twin deficit in India: Empirical investigation within linear and nonlinear framework. *Energies*, 16(6), 2712. <https://doi.org/10.3390/en16062712>
- Asrafuzzaman, A. Roy, A., & Gupta, S. D. (2013). An empirical investigation of budget and trade deficits: The case of Bangladesh. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 3(3), 570–579. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijefi/issue/31958/351936>
- Ata, A. Y., & Yücel, F. (2003). Eş-bütünleşme ve nedensellik testleri altında ikiz açıklar hipotezi: Türkiye uygulaması. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(12), 97-110. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cusosbil/issue/4368/59746>
- Balcılar, M., Ozdemir, Z. A., & Arslanturk, Y. (2010). Economic growth and energy consumption causal nexus viewed through a bootstrap rolling window. *Energy Economics*, 32(6), 1398-1410. <https://doi.org/10.1115/IMECE2010-38453>
- Bayramoğlu, A. T., & Öztürk, Z. (2018). Assessing the twin and triple deficit hypotheses in developing economies: A panel causality analysis. *Global Approaches in Financial Economics, Banking, and Finance*, 209-225. https://doi.org/10.1007/978-3-319-78494-6_10
- Bölükbaş, M., Topal, M. H., & Hotunluoğlu, H. (2018). Testing twin deficits hypothesis for EU-27 and Turkey: Apanel Granger causality approach under cross-sectional dependence. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 21(4), 101-119. <https://ideas.repec.org/a/rjr/romjef/vy2018i4p101-119.html>
- Breitung, J., & Candelon, B. (2006). Testing for short-and long-run causality: A frequency-domain approach. *Journal of Econometrics*, 132(2), 363-378. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.02.004>
- Brooks, C., & Hinich, M. J. (1998). Episodic nonstationarity in exchange rates. *Applied Economics Letters*, 5(11), 719-722.
- Caspi, I. (2017). Rtdaf: Testing for bubbles with EViews. *Journal of Statistical Software*, 81, 1-16. <https://doi.org/10.18637/jss.v081.c01>

- Chang, T., Sethi, D., Tiwari, A. K., & Wang, M. C. (2024). Revisiting the twin deficits hypothesis in the United States: Further evidence based on system-equation ADL test for threshold cointegration. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 33(4), 723-737. <https://doi.org/10.1080/09638199.2023.2222418>
- Darrat, A. F. (1988). Have large budget deficits caused rising trade deficits?. *Southern Economic Journal*, 54(4), 879-887. <https://doi.org/10.2307/1059523>
- Dogan, B., & Saykal, B. (2022). Relationship between the twin deficit hypothesis and the inflation: Case of Turkey (2010-2019). *International Journal of Business and Social Science Research*, 3(3), 8-25. <https://doi.org/10.47742/ijbssr.v3n3p2>
- Duman, K., & Belke, M. (2011). Türkiye’de bütçe açığı ile cari açık arasındaki ilişkinin VAR analizi ile incelenmesi (1998–2011). *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, 48(562), 53-68. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/fpeyd/issue/48072/607805>
- Dumitrescu, E.I. ve Hurlin, C. (2012), “Testing for Granger Non-Causality in Heterogeneous Panels”, *Economic Modelling*, 29(4), 1450–1460.
- Emirmahmutoglu, Furkan, and Nezir Kose. 2011. Testing for Granger causality in heterogeneous mixed panels. *Economic Modelling* 28: 870–76. [
- Geweke, J. (1982). Measurement of linear dependence and feedback between multiple time series. *Journal of the American Statistical Association*, 77(378), 304-313. <https://doi.org/10.1080/01621459.1982.10477803>
- Gokcu, M. (2023). *Ekonomi notları – Enerji ithalat fiyatlarının son dönem seyri ve belirleyicileri*. Araştırma ve Para Politikası Genel Müdürlüğü, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası. <https://tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/8d4893c3-09f8-4aad-96cd-82673705066e/en2305.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-8d4893c3-09f8-4aad-96cd-82673705066e-oFGb6Gs>
- Granger, C. W. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 37(3), 424-438. <https://doi.org/10.2307/1912791>
- Güler, İ. (2023). Enerji dış ticareti ile döviz kuru volatilitesi ilişkisi: Türkiye örneği. In B. Darıcı, H. M. Ertuğrul, & F. Ayhan (Eds.), *ICOAEF X International Conference On Applied Economics And Finance, 8-9 December 2023, University of Washington Rome Center – Abstract Proceeding Book* (pp. 38-40). https://www.icoaef.com/wp-content/uploads/2023/12/icoaef_x_abstract_proceeding.pdf
- Hacker, R. S., & Hatemi, J. A. (2006). Tests for causality between integrated variables using asymptotic and bootstrap distributions: Theory and application. *Applied Economics*, 38(13), 1489-1500. <https://doi.org/10.1080/00036840500405763>

- Hatemi, J. A., & Irandoust, M. (2012). Asymmetric interaction between government spending and terms of trade volatility: New evidence from hidden cointegration technique. *Journal of Economic Studies*, 39(3), 368-378. <https://doi.org/10.1108/01443581211245937>
- Hoque, M. N., Islam, K. Z., & Munim, K. M. (2015). Validity of twin deficit hypothesis: Evidence from Asian developing countries using panel data. *North South Business Review*, 5(2), 53-75. https://www.researchgate.net/publication/336603962_VALIDITY_OF_TWIN_DEFICIT_HYPOTHESIS_EVIDENCE_FROM_ASIAN_DEVELOPING_COUNTRIES_USING_PANEL_DATA
- Hosoya, Y. (1991). The decomposition and measurement of the interdependency between second-order stationary processes. *Probability Theory and Related Fields*, 88(4), 429-444. <https://doi.org/10.1007/BF01192551>
- Hussain, I., Hayat, U., Alam, M. S., & Khan, U. (2024). A dynamic analysis of the twin-deficit hypothesis: The case of a developing country. *Asia-Pacific Financial Markets*, 31(1), 25-52. <https://doi.org/10.1007/s10690-023-09405-y>
- İyidoğan, P. V., & Erkam, S. (2013). İkiz açıklar hipotezi: Türkiye için ampirik bir inceleme (1987-2005). *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (15), 39-48.
- Karaş, G. (2024). Bütçe açığı ve cari açık arasındaki ilişkinin analizi Türkiye örneği (1975-2020). *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (79), 276-288. <https://doi.org/10.51290/dpusbe.1391216>
- Khalid, A. M., & Guan, T. W. (1999). Causality tests of budget and current account deficits: Cross-country comparisons. *Empirical Economics*, 24, 389-402. <https://doi.org/10.1007/s001810050062>
- Kılavuz, E., & Dumrul, Y. (2012). İkiz açıklar hipotezinin geçerliliği: Teori ve uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(3-4), 239-258. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/atauniiibd/issue/2707/35743>
- Kiran, B. (2011). On the twin deficits hypothesis: Evidence from Turkey. *Applied Econometrics and International Development*, 11(1), 59-66. https://ideas.repec.org/a/eea/aeinde/v11y2011i1_6.html
- Kousar, S., Sabir, S. A., Ahmed, F., & Bojnec, Š. (2022). Climate change, exchange rate, twin deficit, and energy inflation: Application of VAR model. *Energies*, 15(20), 7663. <https://doi.org/10.3390/en15207663>
- Li, J. (2017). System-equation ADL test for threshold cointegration with an application to the term structure of interest rates. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 79(1), 1-24. <https://doi.org/10.1111/obes.12123>

- Liu, T. Y., & Gu, Z. C. (2023). Does the causal relationship between the twin deficits vary over time? Evidence from a bootstrap rolling window approach. *The Singapore Economic Review*, 68(05), 1613-1635. <https://doi.org/10.1142/S0217590820500435>
- Lubna, M. M., & Saha, S. K. (2024). Justification of the twin deficit hypothesis in Bangladesh. *International Trade, Politics and Development*, 8(2), 96-116. <https://doi.org/10.1108/ITPD-04-2023-0009>
- Mishkin, F. S. (2007). *The economics of money, banking, and financial markets*. Pearson education.
- Miteza, I. (2012). Fiscal deficits, current deficits and investment: a panel causality framework of 20 OECD countries. *Applied Econometrics and International Development*, 12(1), 6-19. https://ideas.repec.org/a/ea/aeinde/v12y2012i1_1.html
- Okoli, T. T., Tewari, D. D., & Ilesanmi, K. D. (2021). Investigating a threshold effect in twin deficit hypothesis: Evidence from the BRICS economies. *Cogent Economics & Finance*, 9(1), 1886451. <https://doi.org/10.1080/23322039.2021.1886451>
- Özçalık, M., & Erataş, F. (2014). İkiz açıklar hipotezinin geçerliliği: Yükselen piyasa ekonomileri için bir örnek. *Journal of Management and Economics Research*, 12(22), 136-151. <https://doi.org/10.11611/JMER194>
- Rosensweig, J. A., & Tallman, E. W. (1993). Fiscal policy and trade adjustment: Are the deficits really twins?. *Economic Inquiry*, 31(4), 580-594. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1993.tb00892.x>
- Shastri, S., Giri, A. K., & Mohapatra, G. (2017). An empirical investigation of the twin deficit hypothesis: Panel evidence from selected asian economies. *Journal Of Economic Research*, 22, 1-22.
- Tang, C. F. (2008). Wagner's law versus Keynesian hypothesis: New evidence from recursive regression-based causality approaches. *The IUP Journal of Public Finance*, 6(4), 29-38. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:icf:icfjpf:v:06:y:2008:i:4:p:29-38>
- Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225-250. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01616-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01616-8)
- Türkiye İstatistik Kurumu, (2024). İstatistik Veri Portalı. <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=GAZ%20F%C4%B0YAT>, (12.09.2024)
- Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB). (2024). Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS) <https://evds2.tcmb.gov.tr/> (11.09.2024)
- Vamvoukas, G. A. (1997). A note on budget deficits and interest rates: Evidence from a small open economy. *Southern Economic Journal*, 63(3), 803-811. <https://doi.org/10.2307/1061112>

-
- Yıllancı, V., & Bozoklu, Ş. (2014). Price and trade volume relationship in Turkish stock market: a time-varying asymmetric causality analysis. *Ege Academic Review*, 14(2), 211-220.
- Yılmaz, Ö., & Akıncı, M. (2012). Türkiye'de cari açıkların belirleyicileri: Bir zaman serisi analizi. *TISK Akademi*, 7(14), 54-83. <https://www.tiskakademi.org/login>





Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 233-256, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 21.11.2024 Accepted / Kabul: 03.01.2025

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1554274>

An Empirical Investigation on the Relationship between Fiscal Transparency and Institutional Quality

Nazmiye TEKDEMİR^a, Eda YEŞİL^b

^a Assist. Prof., Kırıkkale University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Public Finance, Kırıkkale, TURKIYE <https://orcid.org/0000-0002-7292-569X>

^b Prof. Dr., Kırıkkale University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Public Finance, Kırıkkale, TURKIYE <https://orcid.org/0000-0002-2525-6745>

Abstract

Fiscal transparency, a cornerstone of effective public financial management, encompasses the reliability, comprehensiveness, timeliness, and accountability of reporting on public finances. The quality of institutional structures plays a pivotal role in fostering and sustaining fiscal transparency. Analysing data from 57 countries over the 2008–2021 period using ordered probit analysis, this study reveals significant impacts of political stability, absence of violence, regulatory quality, rule of law, corruption control, and government effectiveness on fiscal transparency. In economies with lower transparency levels, variables such as voice and accountability, government effectiveness, and rule of law have limited positive effects, whereas their influence strengthens in economies with higher transparency. Interestingly, while political stability and corruption control positively affect low-transparency economies, their impact turns negative in highly transparent countries. Strengthening the rule of law, improving regulatory quality, fostering accountability, and enhancing anti-corruption measures are essential for narrowing disparities in transparency and promoting sustainable, credible public financial management.

Keywords

Fiscal Transparency, Institutional Quality, Ordered Probit Model

JEL Classification

H11, G38, C35

Contact Nazmiye TEKDEMİR ✉ nazmiyekirik@gmail.com 📧 Kırıkkale University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Public Finance, Kırıkkale, TURKIYE

Citation Tekdemir, N. & Yeşil, E. (2025). An empirical investigation on the relationship between fiscal transparency and institutional quality. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 233-256.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Mali Şeffaflık ve Kurumsal Kalite Arasındaki İlişki Üzerine Ampirik Bir Araştırma

Öz

Mali şeffaflık, etkili kamu mali yönetiminin temel taşlarından biri olup, kamu maliyesine ilişkin raporlamanın güvenilirliğini, kapsamını, zamanında sunulmasını ve hesap verebilirliğini kapsar. Kurumsal yapıların kalitesi, mali şeffaflığın sağlanması ve sürdürülebilirliği açısından kritik bir rol oynamaktadır. 2008–2021 döneminde 57 ülkeyi kapsayan veriler, sıralı probit analizi kullanılarak incelendiğinde, politik istikrar, şiddet/terör yokluğu, düzenleyici kalite, hukukun üstünlüğü, yolsuzluk kontrolü ve hükümet etkinliğinin mali şeffaflık üzerinde önemli etkiler yarattığı görülmüştür. Mali şeffaflık düzeyi düşük olan ekonomilerde söz hakkı ve hesap verebilirlik, hükümet etkinliği ve hukukun üstünlüğü gibi değişkenlerin pozitif etkisi sınırlı kalırken, bu değişkenlerin etkisi şeffaflık düzeyi yüksek ekonomilerde güçlenmektedir. İlginç bir şekilde, politik istikrar ve yolsuzluk kontrolü düşük şeffaflık seviyesine sahip ekonomilerde olumlu bir etki yaratırken, yüksek şeffaflık düzeyine sahip ülkelerde bu etkiler negatif bir seyir izlemektedir. Hukukun üstünlüğünün güçlendirilmesi, düzenleyici kalitenin artırılması, hesap verebilirliğin teşvik edilmesi ve yolsuzlukla mücadele önlemlerinin geliştirilmesi, şeffaflık seviyeleri arasındaki farkların azaltılması ve sürdürülebilir, güvenilir bir kamu mali yönetiminin teşvik edilmesi açısından oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler

Mali Şeffaflık,
Kurumsal Kalite,
Sıralı Probit Model

JEL Kodu

H11, G38, C35

1. Introduction

The concept of fiscal transparency is frequently discussed in the relevant literature, and a single common definition is usually emphasized instead of various definitions. According to the most widely accepted definition put forward by Kopits & Craig (1998), fiscal transparency is the systematic and timely disclosure by governments of information about budget data that ensures international comparability and reliability. In this perspective, fiscal transparency is an essential element of an efficient public financial management system, wherein the reporting of historical, current, and prospective public finance adheres to the standards of comprehensiveness, clarity, reliability, timeliness, relevance, and accountability. These criteria are crucial in shaping an effective public financial management system (IMF Fiscal Policies, 2024). Fiscal transparency enables governments to accurately assess the costs and benefits of policy changes, as well as potential risks to public finances in their fiscal decision-making processes. At the same time, it provides external stakeholders, such as legislatures, markets, and citizens, with the necessary information to ensure government accountability. Moreover, enhancing fiscal transparency not only reinforces the credibility of a country's fiscal plans but also contributes to strengthening market confidence by positively influencing market perceptions.

The concept of fiscal transparency is based on Public Choice Theory (Buchanan & Tullock, 1962; Niskanen, 1971). This theory suggests that public officials, similar to private individuals, engage in rational decision-making to optimize their self-interest. That is, if potential benefits exceed potential costs for public officials, they are expected to make rational decisions in order to maximise their interests. However, in the context of Public Choice Theory, fiscal transparency facilitates the monitoring of the actions of public officials by increasing the possibility of access to and evaluation of information. Thus, the likelihood of information manipulation and concealment of actions is reduced. In addition, the fact that transparency enables more efficient monitoring of legal processes and regulations suggests that fiscal transparency may play an indirect role in law enforcement. On the contrary, because non-transparent environments make it easier to avoid punishment, people may not hesitate to disrupt public order. In other words, transparency also facilitates the enforcement of laws (Kolstad & Wiig, 2009). Moreover, non-transparent environments weaken the social capital of society as a whole and further undermine institutional quality. Considering that institutional quality and financial transparency are mutually reinforcing and intertwined phenomena, it becomes inevitable that these relationships will turn into a vicious circle that further increases negativity (Chen & Neshkova, 2020).

The institutional structure's quality is a critical factor in the emergence and sustainability of fiscal transparency. As a matter of fact, in the last 20 years, there have been many studies that focus on fiscal transparency and support the idea that it is important for a quality institutional structure (Cicatiello et al., 2017; Heald, 2013). Institutional quality is generally associated with the principles of good governance. Good governance is defined as the capacity of the government to create a transparent and accountable public administration system that strengthens a democratic structure (Riddell, 2007: 374). This process aims to be open to citizen participation and to utilise public resources effectively. At the same time, it expresses an understanding of governance that reinforces social trust by increasing efficiency in administration. In short, fiscal transparency, which can be considered one of the essential elements for public financial management systems, is expected to support a good governance structure and thus increase institutional quality. On the other hand, an increase in institutional quality will create an effect that will lead to an increase in fiscal transparency. In other words, transparency is an intertwined factor that will feed institutional quality, and institutional quality will feed more transparency. Therefore, when political, institutional, and governance factors are associated with fiscal transparency measures, these factors

are more likely to be considered as determinants rather than explanatory parameters (Andreula, 2009: 13).

This study aims to empirically analyse how indicators of institutional quality affect different levels of fiscal transparency. It was conducted in 57 countries for the period 2008–2021. In this framework, this study aims to provide various contributions to the existing literature. Firstly, this study is based on a panel focusing on a large and recent period. Thus, the research will be addressed on a global scale rather than at a regional or country level. In addition, this study, which uses the ordered probit method, can also evaluate the interrelationship between fiscal transparency and governance quality. On the other hand, instead of focusing on a single dimension of governance structure, this research adopts a more comprehensive perspective and focuses on a broad governance structure that shapes institutional quality. Furthermore, despite the increasing global focus on transparency, empirical studies regarding its drivers remain scarce. In other words, this study focuses on the role of the determinants in the institutional structure rather than the positive effects that financial transparency may bring about and analyses its interaction with the elements within the institutional structure. Policy proposals that ignore institutional elements and focus solely on economic factors will be insufficient to effectively shape the information structure of national financial systems.

Considering the reasons that constitute the original value of this study, its contributions to the existing literature also emerge. In this framework, the following sections of the study are organised as follows. Firstly, a comprehensive conceptual and theoretical framework on the concept of fiscal transparency and institutional quality is drawn. Immediately afterwards, the empirical literature on the relationship between fiscal transparency and institutional quality is presented. In the empirical application part of the study; firstly, the data set used is introduced, then the method and model used are introduced and the estimation findings obtained because of the analyses are presented. Finally, the study is completed with conclusions and policy recommendations.

2. Theoretical Framework: Fiscal Transparency and Institutional Quality

The literature represents the notion of transparency, defined as the open sharing of information that enables institutions, whether public or private, to assess their performance, in various forms, such as budget transparency and fiscal transparency. For example, OECD research

highlights "budget transparency," which involves the comprehensive and timely disclosure of all relevant fiscal data. Conversely, IMF studies adopt the term "fiscal transparency," which pertains to the public disclosure of the government's structural and functional details, along with its historical, current, and future fiscal policies and outcomes (Badun, 2009: 481; IMF Fiscal Policies, 2024).

The IMF's 2024 Fiscal Transparency Code emphasizes four key components in ensuring fiscal transparency. First, it emphasizes the importance of an effective financial reporting system that ensures the provision of timely, comprehensive, and reliable data on government finances and performance. Second, it emphasizes the need for an effective budgeting process that clearly articulates budget objectives and policy goals and provides reliable projections of public finances. Thirdly, the importance of a fiscal risk management system that provides for the disclosure, analysis and management of fiscal risks, and the need for a coherent and coordinated fiscal decision-making process across government. Finally, it emphasises the critical importance of establishing a transparent regulatory framework for the ownership, taxation and utilisation of natural resources. These are critical elements for a fair and effective revenue management system.

It is also possible to say that the discourse on fiscal transparency refers to two distinct constructs. Firstly, the accessibility of the information sought refers to the availability of data on various topics, such as political and budgetary issues, administrative processes, operational aspects or the performance of public institutions. The second relates to the flow of information necessary to evaluate organizations, focusing on relationships with stakeholders. Following Heald (2013), the flow of information in this second construct can be divided into upward and downward transparency (the interrelationship between subordinates and superiors), representing vertical dimensions, and outward and inward transparency (the interrelationship between those outside and those inside the organization), representing horizontal dimensions (Bisogno & Cuadrado-Ballesteros, 2022: 3).

In this study, the Open Budget Index, which is published by governments around the world and is essentially a tool that compares basic budgetary information, is used to represent fiscal transparency. This index, which is based on surveys of independent researchers, was first published in 2006 and was subsequently updated in 2008, 2010, 2012, 2015, 2017, 2019, 2021, and most recently in 2023. However, the Open Budget Index also reflects the transparency values of several

years prior to the year of data publication, as the 2023 score incorporates an assessment of the past 16 months (Open Budget Survey/Methodology, 2023). In this index, which is scored between 0-100, 0-40 indicates low fiscal transparency, 41-60 indicates limited fiscal transparency, and 61-100 indicates adequate fiscal transparency.

The matter of transparency has been examined in several research across various disciplines within the social sciences, particularly in economics and political science. Kosack & Fung (2014: 65) state that the principle of transparency envisages the open disclosure of information on government institutions, policies, and programs. It is assumed that this principle enables citizens to hold officials accountable for spending and performance. It is argued that this approach will result in more accountable, responsive, and effective governance, reducing governance inefficiencies and mismanagement of public resources. Consequently, one might assert that openness is a crucial instrument for enhanced governance. Simultaneously, it is anticipated that enhanced governance will ultimately yield favourable outcomes for transparency.

In recent years, institutional quality and the evaluation of the performance of the government have become the main interests of the New Institutional Economics School, which emerged under the leadership of Douglas North (1990). According to the New Institutionalists, a quality institutional structure dominated by fiscal transparency will enhance the bonds of trust. This leads to significant direct and indirect contributions to the economic growth of countries through trust in the levels of governance. According to North (1990), the institutional structure of a country is the most fundamental element in shaping its economic performance. Despite possessing operational market economies, comparable technologies, and corresponding physical and human capital stocks, countries now exhibit disparities in their economic performance. The most important reason for these differences is the difference in institutional quality and social norms (Wallis, Killerby, & Dollery, 2003). Trust in institutions consists of trust in the integrity and quality of politicians and bureaucrats, as well as in the effectiveness of public institutions. If citizens do not trust individual administrators, a crisis of moral legitimacy emerges; if they do not trust the effectiveness of public institutions, a crisis of functional legitimacy emerges. In order to prevent these crises, it is necessary to improve the quality-of-service delivery, fight corruption, incorporate performance and quality-enhancing elements into state administration, ensure the rule of law, operationalize democracy, promote participation, and increase transparency and accountability (Bouckaert & Walle, 2001).

The New Institutional Economics emphasizes the role of institutional frameworks in shaping economic performance, highlighting institutional quality as a critical determinant of long-term growth and development. In this framework, institutional quality aligns closely with the principles of good governance, which emphasize transparency, accountability, and the effective implementation of policies. Good governance, as a reflection of institutional quality, facilitates the transformation of governmental roles in societies by adhering to democratic principles. It promotes the involvement of non-governmental entities, including citizens and civil society organizations, in decision-making processes and ensures broad public engagement in governance (Ferranti et al., 2009). The concept of good governance also encompasses mechanisms that enhance the transparency and efficiency of governments, reinforcing the democratic structures that underpin institutional quality. However, the measurement of institutional quality, and by extension good governance, is often complicated by the diversity of indicators available. Consequently, multiple indices derived from survey data have been developed to evaluate institutional performance. One of the most widely used tools for assessing institutional quality and good governance is the World Governance Indicators, developed by the World Bank. These indicators provide a comprehensive framework to evaluate organizational performance and governance structures (Bisogno & Cuadrado-Ballesteros, 2021; Da Cruz & Marques, 2017; Figankaplan, 2017; Lee & Whitford, 2009). The Worldwide Governance Indicators Project defines good governance as the customs and structures through which a nation exercises its power, including how governments are elected, overseen, and altered; their ability to devise and implement policies efficiently; and the extent to which they adhere to institutions regulating economic and social interactions between citizens and the state (Kaufmann, Kraay, & Mastruzzi, 2009: 1).

The World Bank's Worldwide Governance Indicators, which have been providing information on governance structure for more than 200 countries since 1996, is an advanced resource that covers the largest number of countries and allows for comparable assessments. It provides important information on the quality and functioning of countries' institutional structures and is based on a research dataset initiated by Daniel Kaufmann & Aart Kraay in 1999 (World Bank, 2024). The governance indicators are built on six key components: quality of regulation, voice and accountability, rule of law, control of corruption, and government effectiveness, political stability and absence of violence/terrorism. Following the work of Kaufmann et al. (2010), it is

possible to evaluate these six indicators in three different dimensions (Bisogno & Cuadrado-Ballesteros, 2021: 5).

The first dimension, which denotes the mechanisms via which governments are chosen, overseen, and altered, comprises two primary indicators. First, there is the "voice and accountability" indicator, which reflects citizens' perceptions of the levels of freedom of expression, freedom of association, independence of the media and participation in elections. Second, there is the "political stability and absence of violence/terrorism" indicator, which assesses political stability and the likelihood of violence, including terrorism. These indicators reflect the extent to which governments are committed to democratic processes and the overall security situation of the country.

To understand the second dimension, which assesses how well governments can design and implement policies, two main indicators are analysed. The first, "government effectiveness", assesses factors such as the quality of public services, policy-making processes, and the level of government adherence to those policies. The second indicator, "quality of regulation", measures the ability of governments to create and enforce rules and regulations. Together, these two indicators provide important information about governments' management capacities and how effective their policies are.

The third dimension reflects the institutional structures regulating the economic and social relations between citizens and the state. This dimension has two main indicators. The first, the 'rule of law' indicator, assesses compliance with community rules, the effectiveness of contracts, the protection of property rights, trust in and commitment to police and judicial institutions, as well as perceptions of the likelihood of crime and violence. The second indicator, 'corruption control', gauges the degree to which people perceive the use of public power for personal benefit. These indicators provide critical data for analysing the state's capacity to ensure the rule of law and its ability to prevent the abuse of public power. Moreover, of these six criteria, government effectiveness, regulatory quality, rule of law, and control of corruption can be associated with the quality of government service delivery, while voice and accountability, political stability, and the absence of violence and terrorism provide a framework for the presence and state of democracy (Helliwell et al., 2014, 2018; Ott, 2010).

In short, fiscal transparency and a quality institutional structure are two important mutually reinforcing resources. Indeed, the complexity in bureaucratic structures, characterized by excessive regulations, fragmented authority, and lack of oversight, can often lead to practices that conceal real balances, such as misreporting, inefficiencies, and corruption. These practices undermine fiscal transparency by obstructing access to accurate and timely financial information, which is essential for holding governments accountable. This lack of transparency, in turn, erodes the institutional quality required for effective governance, creating a vicious cycle where weak institutions further perpetuate non-transparent practices. Because of this situation, non-transparent management of public resources can have devastating consequences for both the economies and democratic structures of countries, as it diminishes trust, increases fiscal risks, and weakens market confidence. Both governments and international organizations should focus on maintaining fiscal transparency and increasing trust and credibility to prevent these problems (Manessiotis, 2011; Rios et al. 2016; Santiso, 2005). In this framework, this study addresses the relationship between fiscal transparency and institutional quality by referring to the concept of institutional quality as a reflection of good governance and aims to put forward constructive policy recommendations.

3. Empirical Literature Review

A diverse array of fiscal transparency initiatives has been established by international entities like the International Budget Partnership (IBP) and Transparency International, alongside non-governmental groups such as the IMF and OECD. These extensive indexes indicate that fiscal transparency varies significantly among countries. Examining the origins of this variation may facilitate further research to ascertain the factors influencing fiscal transparency. Despite the increasing prominence of fiscal transparency in recent years, current research predominantly focuses on the correlation between fiscal transparency and budgetary performance, fiscal discipline, and various economic variables (Baldrich, 2005; Fomina & Vynnychenko, 2017; Gleich, 2003; Hameed, 2005; Jarmuzek, 2006). Nevertheless, most studies concerning the correlation between fiscal transparency and institutional quality typically concentrate on a singular facet of governance. This section will delineate key research that examine the correlation between fiscal transparency and institutional quality, which are prominent in literature.

Alt & Lassen (2006) examined the relationship between political polarization and election cycles as an important indicator of institutional structure and the independence of the media with

fiscal transparency. As a result of dynamic panel data analyses for 19 OECD countries in 1989–1998, a significant negative relationship was found between institutional quality and fiscal transparency, especially in countries with low transparency and high polarization. In addition, it was also found that financial transparency is negatively affected when the independence of the media is low.

Andreula et al. (2009) performed research to examine the correlation between fiscal transparency and institutional characteristics, utilizing data from 82 countries from 2000 to 2010. The research utilized the ordinary least squares (OLS) and two-stage least squares (2SLS) methodologies. The results demonstrate that elevated institutional quality and governance correlate with enhanced fiscal transparency metrics. The findings indicate that robust institutional frameworks and governance practices positively influence fiscal transparency.

Zucolotto & Teixeira (2014) analysed the effects of fiscal transparency on corruption levels, accountability systems, legislative effectiveness, and democratic processes in countries. According to the findings of the study, countries with higher fiscal transparency have stronger and more effective accountability mechanisms, resulting in less corruption and higher standards of democracy.

Albassam, 2015; in his analysis based on the 2006-2012 period for 50 countries selected according to the availability of data, Albassam investigated the relationship between fiscal transparency and good governance indicators published by the World Bank in the first stage and the effect of human development in this process in the second stage by logistic regression analysis. As a result, he found that institutional quality has a determinant effect on fiscal transparency and this effect is mostly driven by the quality of regulations and government effectiveness. Moreover, the analytical findings demonstrate that human development substantially affects the correlation between fiscal transparency and both regulatory quality and government performance.

Cimpoeru & Cimpoeru (2015) examined the impact of governance structure on fiscal transparency across a sample of 94 countries from 2009 to 2012. This study is predicated on the governance components delineated by the World Bank, including participation and accountability, regulatory quality, political stability and absence of violence, rule of law, government effectiveness, and corruption control. The researchers employed the Ordinary Least Squares (OLS) approach to examine the impact of governance structure on fiscal transparency. The primary thesis

of the study posits that fiscal transparency is significantly affected by factors including the level of citizen participation in governmental elections; the freedom of expression, association, and the press; the quality of public services; independence from political influence; public trust in and adherence to the rule of law (particularly regarding contractual obligations, property rights, and the efficacy of police and judicial systems); and the perceived threat of crime and violence.

Cicatiello et al. (2017) employed data from 36 nations spanning the years 2003 to 2013 in their investigation of the political drivers of fiscal transparency. In their study, in which static and dynamic panel data analysis methods were applied together, they revealed that the rule of law is important. In other words, since the government's control over the legislature will lead to government ideology, financial transparency will be negatively affected by this situation. De Simone et al. (2017) conducted dynamic panel data estimations with 116 countries in a period covering a ten-year period (2003–2012) in their study investigating the impact of fiscal transparency on corruption. They concluded that fiscal transparency has a negative relationship with the level of corruption as an indicator of institutional quality.

Montes & Luna (2020) analysed the impact of fiscal transparency and legal variables on anti-corruption views across a sample of 82 nations from 2006 to 2014, employing panel data technique. The primary hypothesis of the paper posits that fiscal transparency can constrain the discretionary authority of public officials, lawmakers, and legislators by diminishing knowledge asymmetries. The study's findings indicate that open fiscal policies positively influence perceptions of corruption. Furthermore, the influence of the rule of law on anti-corruption perceptions is amplified by enhanced fiscal transparency.

Bisogno & Cuadrado-Ballesteros (2022) examined the correlation between fiscal transparency and governance quality through the lens of public choice theory and principal-agent relationships, analysing data from 96 countries between 2008 and 2019. The study used a two-stage system GMM approach to carry out the estimates. The findings support that higher levels of fiscal transparency positively affect the quality of governance, and likewise, a favourable quality of governance increases fiscal transparency.

Dracea et al. (2024) examined the correlations between fiscal transparency and governance measures, and their impact on the human development index for 14 EU member states from 2006 to 2021. The analyses conducted via robust regression modelling, structural equation modelling,

and Gaussian graphical models indicate that enhancing governance and human development can facilitate fiscal transparency, while increased fiscal transparency can foster improved governance and elevated human development by ensuring the efficient allocation of public resources.

4. Empirical Practice

4.1. Data

Fiscal transparency is both an important cause and an important consequence of institutional quality. Therefore, understanding the relationship between fiscal transparency and institutional quality will be particularly instructive for policymakers. With this aim in mind, this study aims to investigate the impact of institutional quality indicators on different levels of fiscal transparency in 57 countries for which data are available for the period 2008–2021. The selection of these 57 countries is based on the availability of consistent and comparable data on fiscal transparency and institutional quality indicators over the study period. Given the reliance on internationally recognized sources such as the Open Budget Index and the World Governance Indicators, the analysis is limited to countries that provide comprehensive and reliable data for these measures. In this framework, the study utilizes the ordered probit model, which enables comparisons between different levels of fiscal transparency. In addition, in the estimations to be made, the relationship between institutional quality and fiscal transparency will be evaluated comparatively by categorizing low fiscal transparency, limited fiscal transparency, and adequate fiscal transparency. This study empirically analyses the relationship between fiscal transparency and institutional quality and uses Open Budget Index data as an indicator of fiscal transparency. As an indicator of institutional quality, globally recognized governance indicators such as political stability and absence of violence, voice and accountability, government effectiveness, rule of law, quality of regulation, and control of corruption are used. The World Bank Group's collection of global governance indicators is regarded by numerous scholars as "the most comprehensive and reliable set of publicly available governance indicators" (Arndt & Oman, 2006: 28).

This study categorizes fiscal transparency into three distinct levels and assesses it using the Open Budget Index issued by the IBP, created in 1997 to advocate for transparent and inclusive processes. This index evaluates three primary elements of the accountability framework utilizing data from the Open Budget Survey: the accessibility of budget information to the public, avenues for public engagement in the budgeting process, and the function and efficacy of legislative and

supreme audit bodies. This framework identifies eight essential papers that governments must disseminate to the public throughout the budget process. The documents comprise the pre-budget statement, executive budget proposal, enacted budget, citizens' budget guide, the middle of the year and end-year fiscal reports, and the audit report. De Renzio & Masud (2011) and Wehner & De Renzio (2013) evaluate the Open Budget Index using a 0–100-point scale, comprising 95 questions that assess the quantity and promptness of budget information disclosed in eight essential budget papers. The index relies on data obtained from surveys and is regarded by numerous scholars and organizations as the most dependable and valid instrument for assessing transparency levels (Santiso, 2006; Wehner & De Renzio, 2013).

Since 2006, the Open Budget Index has been a crucial source, reflecting the global state of budget transparency and offering insights into government public finance management. As emphasized by Renzio & Masud (2011: 607), the resulting data point to two different situations. The average global standards of fiscal transparency are exceedingly inadequate. In other words, governments in many countries provide very limited budget information to their citizens. However, these levels are slowly improving, and fiscal transparency is generally increasing. In this framework, Graph 1 below shows the average fiscal transparency indices of the 57 countries included in the analysis for the years 2008, 2010, 2012, 2015, 2017, 2019 and 2021. When the graph is analyzed, it is seen that the average is generally in the 50-point band, which indicates limited fiscal transparency. It is also observed that there is a general upward trend in fiscal transparency from 2008 to 2021, except for 2017.

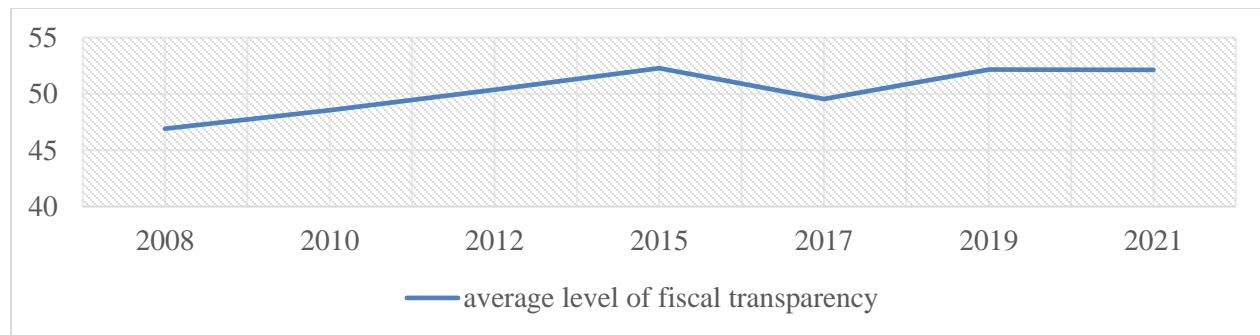


Figure 1. Course of the Average Level of Fiscal Transparency in the Analysed Countries over the Years. Prepared by the authors using data from the Open Budget Index (2024).

This study aims to empirically test the relationship between the course of fiscal transparency represented by Graph 1 and institutional quality indicators. For this purpose, the institutional

quality indicators used in the study will be compared to the global governance indicators published by the World Bank in 2024. As mentioned in the theoretical framework section of the study, governance indicators are evaluated in six dimensions. These are: voice and accountability; political stability and absence of violence or terrorism; quality of regulations; rule of law; control of corruption; and government effectiveness. All the governance indicators used in the study score between -2.5 and 2.5.

Table 1

Sample and Data Set

Sample	Data	Description of Data
Albania, Algeria, Angola, Argentina, Azerbaijan, Bangladesh, Bolivia, Botswana, Brazil, Bulgaria, Burkina Faso, Cameroon, Chad, Colombia, Costa Rica, Croatia, Czech Republic, Ecuador, Egypt, El Salvador, France, Georgia, Ghana, Guatemala, Honduras, India, Indonesia, Jordan, Kazakhstan, Kenya, Malawi, Mexico, Mongolia, Morocco, Namibia, Nepal, New Zealand, Nicaragua, Nigeria, Norway, Pakistan, Papua New Guinea, Peru, Philippines, Poland, Romania, Russia, Slovenia, Sri Lanka, Sweden, United Republic of Tanzania, Turkey, Uganda, United Kingdom, USA, Vietnam, Zambia.	Dependent Variable	
	fis_tran	Open budget index as an indicator of fiscal transparency
	Explanatory Variables	
	voi_acc	voice and accountability
	pol_sta	political stability and absence of violence/terrorism
	qua_req	the quality of regulation
	rul_law	rule of law
	con_cor	control of corruption
gov_eff	government effectiveness	

Source. Prepared by the authors.

In Table 1 above, the countries and variables used in the study are given. In the study, the Open Budget Index (2024) published by the IBP was used to represent fiscal transparency. The index in question scores between 0-100. All explanatory variables are scored in indices ranging from -2.5 to 2.5. All the explanatory variables used are taken from the World Bank/Worldwide Governance Indicators (2024) database.

In the following Table 2, descriptive statistics of the variables used in the study are presented.

Table 2

Descriptive Statistics

	Observation	Mean	Standard Deviation	Minimum	Maximum
fis_tran	798	50.6528	20.8565	0	93
voi_acc	798	-0.0238	0.7919	-1.56	1.74
pol_sta	798	-0.2753	0.8396	-2.81	1.56
qua_req	798	-0.0757	0.7689	-1.61	2.04
rul_law	798	0.0047	0.7755	-1.39	2.08
con_cor	798	-0.1589	0.8325	-1.63	2.02
gov_eff	798	-0.2146	0.8738	-1.53	2.38

Source. Prepared by the authors.

4.2. Methodology and Findings

The study employs the Open Budget Index (2024), published by the International Budget Partnership (IBP), as the dependent variable to measure fiscal transparency. This index assigns scores ranging from 0 to 100, where scores between 0 and 40 represent countries with low fiscal transparency, scores between 41 and 60 denote countries with limited fiscal transparency, and scores between 61 and 100 indicate countries with adequate fiscal transparency. Given the ordinal and categorical nature of the dependent variable, an ordered probit model was deemed appropriate to estimate the probability of observations falling into these ordered categories.

The ordered probit model allows for the analysis of discrete and ordinal determinants, providing a robust framework for examining the relationship between institutional factors and fiscal transparency, as outlined below.

$$Y^* = X_i \beta + \epsilon \quad (1)$$

Y^* represents an observable ordinal variable coded as 1, 2, and 3 in line with the responses to the fiscal transparency question discussed in the previous section., Y^* determinants show,

$$Y^* \quad \text{If } Y^* < \gamma_1 \quad Y=1 \quad (2)$$

$$\text{If } \gamma_1 \leq Y^* < \gamma_2 \quad Y=2 \quad (3)$$

$$\text{If } \gamma_2 \leq Y^* < \gamma_3 \quad Y=3 \quad (4)$$

Once the range of variation of Y^* has been determined, it is possible to establish the relationship between this range and the discrete variable Y^* and then calculate the probability of Y^* for each range of variation. For γ_1 , γ_2 and γ_3 are the thresholds to be estimated according to the parameter β . (Greene, 1997). In order to estimate the probit model, likelihood method is used. This method generally indicates the error in the model when an independent variable is added to the analysis.

In the ordered probit model, interpreting the link between the independent variables and the dependent variable through the β coefficient is challenging. To understand this relationship more clearly, the marginal effects of the relevant factors should be estimated. Marginal effects regarding each independent variable are obtained by making use of sample averages of dependent variables. Marginal effects are calculated by taking the derivative of the probability function with respect to the independent variable.

This situation is presented in the equation below.

$$P(y=i) / \partial X = \varphi(M_{i-1} - \beta X) - \varphi(M_i - \beta X) \beta \quad (5)$$

In this framework, the findings obtained as a result of the analyses are presented in Table 3 below.

Table 3

Ordered Probit Results

Dependent var: Fiscal Transparency				
Variables	Coefficient	Dy/dx(predict=1)	Dy/dx(predict=2)	Dy/dx(predict=3)
voi_acc	0.7122 *** (7.05)	-0.1523257	0.0085199	0.1438057
pol_sta	-0.3987 *** (-5.13)	0.0819381	-0.04583	-0.0773551
gov_eff	1.2638 *** (6.26)	-0.2597356	0.0145276	0.2452079
qua_req	1.1994 *** (7.47)	-0.2464834	0.0137864	0.232697
rul_law	0.5770 *** (2.88)	-0.118594	0.0066332	0.1119608
con_cor	-1.6359 *** (-7.99)	0.3361854	-0.0188037	-0.3173818
Cut 1	-0.92467	-	-	
Cut 2	1.013358	-	-	
loglikelihood	-554.08963	-	-	

LR chi2(11)	601.21	-	-	
N	798	-	-	

Note. *** indicates statistical significance at 1% level.

Source. Prepared by the authors.

The model examines the impact of intuitional quality indicators—voice and accountability, political stability and absence of violence or terrorism, regulatory quality, rule of law, control of corruption, and government effectiveness—on fiscal transparency. The findings indicate that political stability and absence of violence, regulatory quality, rule of law, control of corruption, and government effectiveness significantly influence fiscal transparency. In contexts of lower fiscal transparency, the likelihood that variables such as voice and accountability, government effectiveness, rule of law, and regulatory quality positively affect fiscal transparency decreases. Conversely, in economies with higher fiscal transparency, these variables exhibit a positive relationship with fiscal transparency. Furthermore, political stability and corruption control demonstrate a positive effect in economies with low levels of fiscal transparency but exert a negative effect in economies with high transparency. These results align with and contribute to the existing literature (e.g., Benito & Bastida, 2009; Bisogno & Cuadrado-Ballesteros, 2022; Kolstad & Wiig, 2009; Rely & Sabharwal, 2009; Schmidt-Hebbel, 2012; Stiglitz, 2002), further emphasizing the dynamic relationship between institutional factors and fiscal transparency across varying economic contexts.

5. Conclusion

Fiscal transparency refers to the public dissemination of information regarding government structure, functions, fiscal policy goals, and public sector accounting. This transparency is essential for a precise evaluation of the costs and benefits of governmental actions. A high degree of fiscal transparency denotes the provision of trustworthy, complete, timely, clear, comprehensible, accessible, and internationally comparable information regarding government activities within the economic framework. Such transparency increases the efficiency and accountability of public administration, allowing citizens and other stakeholders to better assess government performance and decisions.

The importance of structural reforms in the development of the economies of countries cannot be disputed. As a result of structural reforms, countries' fiscal transparency levels and institutional quality tend to improve. When the theoretical and empirical literature is analysed, there

is an increasing relationship between fiscal transparency and institutional quality as transparency increases. Interestingly, the findings of this study reveal that while political stability and corruption control positively affect low-transparency economies by fostering trust and reducing inefficiencies, their impact turns negative in highly transparent countries. This counterintuitive result may stem from diminishing marginal returns in environments where transparency is already high, leading to potential trade-offs between stability-focused policies and the dynamism required for further transparency improvements. Briefly, a country with a high level of institutional quality may find it easier to enhance fiscal transparency as robust governance structures facilitate the implementation of transparency initiatives. However, in countries with low institutional quality, structural barriers such as weak rule of law or pervasive corruption may constrain efforts to improve transparency. This study underscores these dynamics, contributing to the understanding of the nuanced relationship between fiscal transparency and institutional quality.

Countries can further enhance fiscal transparency through structural reforms, such as steps to strengthen the credibility of budget frameworks, clear and comprehensive presentation of fiscal reports, and disclosure of fiscal risks. At the same time, fiscal transparency needs to be transformed from an end into a means to address growing practical concerns about governance and public sector performance. In short, greater transparency also helps to underpin the credibility of a government's management of public finances and increase market confidence.

In this direction, our study supports the implementation of structural reforms recommended by international organizations such as the IMF and the World Bank, which are the most emphasized policy recommendations all over the world, in line with the countries' own dynamics in order to increase fiscal transparency and institutional quality. Thus, social and political dynamics in countries will be limited. The inclusion of fiscal transparency in policy-making processes helps to gain a sense of legitimacy, while at the same time providing greater accountability and oversight leads to increased efficiency and productivity.

Declaration of Research and Publication Ethics

This study which does not require ethics committee approval and/or legal/specific permission complies with the research and publication ethics.

Researcher's Contribution Rate Statement

The authors contributed equally to the article.

Declaration of Researcher's Conflict of Interest

There are no potential conflicts of interest in this study.

References

- Albassam, B. A. (2015). The influence of budget transparency on quality of governance. *Journal of Law and Governance*, 10(3), 93–110. <https://doi.org/10.15209/jbsge.v10i3.864>
- Alt, J. E., & Lassen, D. D. (2006). Transparency, political polarization, and political budget cycles in OECD countries. *American Journal of Political Science*, 50(3), 530–550. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5907.2006.00200.x>
- Andreula, N., Chong, A., & Guillen, J. B. (2009). *Institutional quality and fiscal transparency*. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/89153/1/IDB-WP-125.pdf>
- Arndt, C., & Oman, C. (2006). *Uses and abuses of governance indicators*. Development Centre Studies, OECD Publishing. http://www.worldbank.org/ieg/governance/oman_arndt_paper.pdf
- Badun, M. (2009). Budget transparency. *Financial Theory and Practice*, 33(4), 481–483. <https://hrcak.srce.hr/file/74994>
- Baldrich, J. (2005). Fiscal transparency and economic performance. In *Anales de la Asociación Argentina de Economía Política*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=0e8e8621ce33fb0f9944f9a6680d93340d95eb33>
- Benito, B., & Bastida, F. (2009). Budget transparency, fiscal performance, and political turnout: An international approach. *Public Administration Review*, 69(3), 403–417. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2009.01988.x>
- Bisogno, M., & Cuadrado-Ballesteros, B. (2022). Budget transparency and governance quality: A cross-country analysis. *Public Management Review*, 24(10), 1610–1631. <https://doi.org/10.1080/14719037.2021.1916064>
- Bouckaert, G., & Walle, S. (2001). *Government performance and trust in government* [Paper presentation]. Annual Conference of the European Group on Public Administration, Vaasa, Finland. https://www.researchgate.net/profile/Steven-Van-De-Walle/publication/228767477_Government_Performance_and_Trust_in_Government/links/02e7e521e026c60989000000/Government-Performance-and-Trust-in-Government.pdf
- Buchanan, J. M., & Tullock, G. (1962). *The calculus of consent*. University of Michigan Press.
- Chen, C., & Neshkova, M. I. (2020). The effect of fiscal transparency on corruption: A panel cross-country analysis. *Public Administration*, 98(1), 226–243. <https://doi.org/10.1111/padm.12620>
- Cicatiello, L., De Simone, E., & Gaeta, G. L. (2017). Political determinants of fiscal transparency: A panel data empirical investigation. *Economics of Governance*, 18(4), 315–336. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10101-017-0192-x>

- Cimpoeru, V. M., & Cimpoeru, V. (2015). Influence of government quality on budgetary transparency. In *22nd International Economic Conference–IECS* (pp. 147–153). <https://conf.uni-ruse.bg/bg/docs/cp15/5.2/5.2-14.pdf>
- Craig, M. J., & Kopits, M. G. (1998). *Transparency in government operations*. International Monetary Fund.
- Da Cruz, N. F., & Marques, R. (2017). Structuring composite local governance indicators. *Policy Studies*, 38(2), 109–129. <https://doi.org/10.1080/01442872.2016.1210117>
- De Renzio, P., & Masud, H. (2011). Measuring and promoting budget transparency: The open budget index as a research and advocacy tool. *Governance*, 24(3), 607–616. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0491.2011.01539.x>
- De Simone, E., Gaeta, G. L., & Mourão, P. R. (2017). The impact of fiscal transparency on corruption: An empirical analysis based on longitudinal data. *The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*, 17(4). <https://doi.org/10.1515/bejeap-2017-0021>
- Drăcea, R. M., Pirtea, M. G., Cristea, M., Noja, G. G., & Ciobanu, L. (2024). Budget transparency and good governance for human development and citizens' well-being: New empirical evidence from the European Union. *Engineering Economics*, 35(3), 328–347. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.35.3.34024>
- Ferranti, D., Jacinto, J., & Ody, A. J. (2009). *How to improve governance: A new framework for analysis and action*. Rowman & Littlefield.
- Figankaplan, T. (2017). Ekonomik büyüme ve kurumsal kalite ilişkisi: Bir panel veri analizi. *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 11(1), 65–91. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1351916>
- Fomina, J., & Vynnychenko, N. V. (2017). *Fiscal transparency: Cross-country comparisons*. https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/61795/1/Fomina_Vynnychenko.pdf;jsessionid=1D1F7F8DEC905E6C42A7E3800EC66D06
- Gleich, H. (2003). *Budget institutions and fiscal performance in Central and Eastern European countries* (European Central Bank Working Paper 215). European Central Bank. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=387703
- Green, H. W. (1997). *Econometric analysis* (3rd ed.). Prentice Hall.
- Hameed, F. (2005). *Fiscal transparency and economic outcomes* (IMF Working Paper 05/225). International Monetary Fund. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=888094
- Heald, D. (2013). Strengthening fiscal transparency. In R. Allen, R. Hemming, & B. H. Potter (Eds.), *The international handbook of public financial management* (pp. 711–741). Palgrave Macmillan.

- Helliwell, J. F., Huang, H., Grover, S., & Wang, S. (2014). *Good governance and national well-being: What are the linkages?* (OECD Working Papers on Public Governance No. 25). <https://doi.org/10.1787/19934351>
- Helliwell, J. F., Huang, H., Grover, S., & Wang, S. (2018). Empirical linkages between good governance and national well-being. *Journal of Comparative Economics*, 46(4), 1332–1346. <https://doi.org/10.1016/j.jce.2018.01.004>
- International Budget Partnership. (2023). *Open Budget Survey 2023 methodology*. <https://internationalbudget.org/sites/default/files/2024-05/IBP-OBS-Methodology-Note-2023.pdf>
- International Budget Partnership. (2024). *Open Budget Survey*. <https://internationalbudget.org/open-budget-survey/rankings>
- International Monetary Fund. (2024a). *Fiscal policies*. <https://www.imf.org/en/Topics/fiscal-policies/fiscal-transparency#Fiscal%20Transparency%20Evaluation>
- International Monetary Fund. (2024b). *The fiscal transparency code*. <https://www.imf.org/en/About/Factsheets/Sheets/2023/how-does-the-imf-encourage-greater-fiscal-transparency>
- Jarmuzek, M. (2006). *Does fiscal transparency matter? The evidence from transition economies*. Center for Social and Economic Research. https://webarchiv.lib.cas.cz/wayback/20240304215801/https://www.cerge-ei.cz/pdf/gdn/rrc/RRCV_77_paper_03.pdf
- Kaufmann, D., Kraay, A., & Mastruzzi, M. (2009). *Governance matters 2009: Learning from over a decade of the Worldwide Governance Indicators*. The Brookings Institution. <http://www.brookings.edu/opinions>
- Kaufmann, D., Kraay, A., & Mastruzzi, M. (2010). *The worldwide governance indicators: Methodology and analytical issues* (World Bank Policy Research Working Paper No. 5430). https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1682130
- Kolstad, I., & Wiig, A. (2009). Is transparency the key to reducing corruption in resource-rich countries? *World Development*, 37(3), 521–532. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2008.07.002>
- Kosack, S., & Fung, A. (2014). Does transparency improve governance? *Annual Review of Political Science*, 17(1), 65–87. <https://doi.org/10.1146/annurev-polisci-032210-144356>
- Lee, S. Y., & Whitford, A. B. (2009). Government effectiveness in comparative perspective. *Journal of Comparative Policy Analysis*, 11(2), 249–281. <https://doi.org/10.1080/13876980902888111>
- Manessiotis, B. (2011). *The root-causes of the Greek sovereign debt crisis* [Paper presentation]. 2nd Bank of Greece Workshop on the Economies of Eastern Europe and Mediterranean

- Countries, Athens, Greece. [https://www.bankofgreece.gr/RelatedDocuments/The%20root-causes%20of%20the%20greek%20sovereign%20debt%20crisis%2005%2005%202011\(3\).pdf](https://www.bankofgreece.gr/RelatedDocuments/The%20root-causes%20of%20the%20greek%20sovereign%20debt%20crisis%2005%2005%202011(3).pdf)
- Montes, G. C., & Luna, P. H. (2021). Fiscal transparency, legal system and perception of the control on corruption: Empirical evidence from panel data. *Empirical Economics*, 60(4), 2005–2037. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00181-020-01849-9>
- Niskanen, W. A. (1971). *Bureaucracy and representative government*. Transaction Publishers.
- North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance* (Vol. 332). Cambridge University Press.
- Ott, J. (2010). Greater happiness for a greater number: Some non-controversial options for governments. *Journal of Happiness Studies*, 11(5), 631–647.
- Relly, J., & Sabharwal, M. (2009). Perceptions of transparency of government policymaking: A cross-national study. *Government Information Quarterly*, 26(1), 148–157. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2008.04.002>
- Riddell, R. (2007). *Does foreign aid really work?* Oxford University Press.
- Ríos, A. M., Bastida, F., & Benito, B. (2016). Budget transparency and legislative budgetary oversight: An international approach. *The American Review of Public Administration*, 46(5), 546–568. <https://doi.org/10.1177/0275074014565020>
- Santiso, C. (2005). *Budget institutions and fiscal responsibility: Parliaments and the political economy of the budget process* (Working Paper No. 37253). World Bank Institute.
- Santiso, C. (2006). Improving fiscal governance and curbing corruption: How relevant are autonomous audit agencies? *International Public Management Review*, 7(2), 97–108. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=951844
- Schmidt-Hebbel, K. (2012). *Fiscal institutions in resource-rich economies: Lessons from Chile and Norway* (Documentos de Trabajo No. 416). <http://www.epge.fgv.br/conferencias/commodity-prices/files/KlausSchmidt-Hebbel.pdf>
- Stiglitz, J. (2002). On liberty, the right to know and public discourse: The role of transparency in public life. In M. Gibney (Ed.), *Globalizing rights* (pp. 115–156). Oxford University Press.
- Wallis, J., Killerby, P., & Dollery, B. (2003). *Social economics and social capital* (Working Paper Series in Economics No. 2003-4). <https://doi.org/10.1108/03068290410518238>
- Wehner, J., & De Renzio, P. (2013). Citizens, legislators, and executive disclosure: The political determinants of fiscal transparency. *World Development*, 41, 96–108. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.06.005>
- World Bank. (2024). *World Governance Indicators*. <https://www.worldbank.org/en/publication/worldwide-governance-indicators>

Zucolotto, R., & Teixeira, M. (2014). Budgetary transparency and democracy: The effectiveness of control institutions. *International Business Research*, 7(6), 83–96. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=4d4ac1ffb7dcbea9d0a01feab7d924e482d40dd4>



Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 257-286, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 11.7.2024 Accepted / Kabul: 07.01.2025

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1514568>

Türkiye'de Makroekonomik Faktörler ve Dünya Belirsizlik Endeksinin Cari Hesap Dengesine Etkileri: 1980 Sonrası için Bir Zaman Serisi Analizi

Ömer Tanju DURUSOY^a

^a Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Ankara, TÜRKİYE
<https://orcid.org/0009-0009-1299-5600>

Öz

2008 Krizi sonrasında yapılan çalışmalarda, ekonomik belirsizliği ölçme ve inceleme konusundaki ilginin arttığı gözlemlenmektedir. Bu çalışmaların çoğu, önceki birçok çalışmada olduğu gibi, ekonomik belirsizliğin konjonktürel dalgalanmaları açıklayan önemli bir faktör olduğu konusunda hemfikirlerdir. Ekonomik belirsizliğin konjonktür üzerindeki etkisini göz önünde bulundurarak, bu çalışma, ekonomik belirsizliğin cari hesap dengesini açıklayan bir gösterge olarak ne ölçüde kullanılabileceğini değerlendirmektedir. Bu bağlamda, 1984'ün ikinci çeyreğinden 2023'ün üçüncü çeyreğine kadar olan dönem için zaman serisi analizi uygulanmıştır. Bu çalışmada kullanılan değişkenler arasında Türkiye'nin Cari Hesap Dengesi, GSYH Büyüme Oranı, Reel Döviz Kurları ve Türkiye için Dünya Belirsizlik Endeksi yer almaktadır. Değişkenler arasındaki dinamik ilişkinin yönü ve büyüklüğü hakkında bilgi edinmek için itki-tepki analizi kullanılmıştır. Çok değişkenli zaman serisi analizinde ADF birim kök testleri yapılmış ve uygulanan VAR modelinde gecikme uzunluğunu belirlemek için Akaike bilgi kriteri kullanılmıştır. Sonuç olarak, Türkiye'nin Cari Hesap Dengesi üzerinde ana belirleyici değişkenler olan GSYH büyüme oranı ve Reel Döviz Kuru değişikliklerinin belirleyici etkisi incelenen dönemde açıkça gözlemlenmiştir. Ancak, Türkiye için Dünya Belirsizlik Endeksi'nin Cari Hesap Dengesi üzerindeki etkisi belirlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler

Dünya Belirsizlik Endeksi,
Cari Hesap,
Türkiye Ekonomisi,
VAR Analizi

JEL Kodu

F32, E37, E71

İletişim Ömer Tanju DURUSOY ✉ omer.durusoy@hbv.edu.tr 📧 Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

Atıf Durusoy, Ö. T. (2025). Türkiye'de makroekonomik faktörler ve Dünya Belirsizlik Endeksinin cari hesap dengesine etkileri: 1980 sonrası için bir zaman serisi analizi. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 257-286.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Effects of Macroeconomic Factors and World Uncertainty Index on Current Account Balance in Turkey: A Time Series Analysis for after 1980

Abstract

In studies conducted after the 2008 Crisis, there has been an increased interest in measuring and examining economic uncertainty. These studies, like many previous ones, agree that economic uncertainty is a significant factor in explaining business cycles. Considering the impact of economic uncertainty on business cycles, this study evaluates the extent to which economic uncertainty can be used as an indicator to explain the current account balance. In this context, time series analysis is applied for the periods from the second quarter of 1984 to the third quarter of 2023. The variables used in this study include Turkey's Current Account Balance, GDP Growth Rate, Real Exchange Rates, and the World Uncertainty Index for Turkey. Impulse-response analysis is employed to obtain information about the direction and magnitude of the dynamic relationship between these variables. ADF unit root tests are performed in multivariate time series analysis, and the Akaike information criterion is used to determine the lag length in the VAR model applied. As a result, the determining effect of changes in the GDP growth rate and Real Exchange Rate, which are the main determining variables on Turkey's Current Account Balance, is clearly observed in the examined period. However, the impact of the World Uncertainty Index for Turkey on the Current Account Balance could not be determined.

Keywords

World Uncertainty Index, Current Account, Turkish Economy, VAR Analysis

JEL Classification

F32, E37, E71

1. Giriş

2008'de ABD ekonomisinin durgunluğa girmesi bütün Dünya ekonomilerini etkilemiştir. Kriz Polonya ve Slovakya gibi bazı ülkeleri çok az etkilemiş ve krizden etkilenen Almanya, Avusturya, Belçika ve Hollanda gibi bazı ülkeler ise küresel şoktan nispeten kısa sürede çıkmışlardır (Sorić & Lolić 2017). Kriz 2008'in üçüncü çeyreğinde başlamış ve GSYH'daki artışın tekrar pozitif alana geçmesi iki yıl sürmüştür. Ancak yükseliş trendi ABD başta olmak üzere birçok ülkede çok kısa sürmüş ve 2011'in son çeyreğinde resesyon tekrar kendini göstermiş ve ardından iktisadi faaliyetlerde yani alışveriş hacminde art arda 12 çeyrek boyunca düşüşler yaşanmıştır. İncelediğimiz birçok araştırma, bu olumsuz serinin tüm Avrupa'daki en uzun durgunluklardan biri olduğunu öne sürmektedir. Ancak, gelişmiş birçok ülkenin aksine, Türkiye bu krizden en hızlı çıkan ülkelerden biri olarak değerlendirilmektedir. Küresel boyutta yaşanan krizler nedeniyle ekonomik araştırmaların cari hesap dengesizlikleri üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bir ülkenin ödemeler dengesi dört ana başlıktan oluşmaktadır. Bunlar cari hesap dengesi, sermaye hesabı, net hata noksan hesabı ve resmi rezervler ana başlıklarıdır. Yıllık bazda bir ülkenin dünyanın geri kalanı ile olan ticari ve finansal ilişkilerinin dökümünü gösterir. Dolayısıyla, bu değişkenler ülkelerin uluslararası ekonomik performansının önemli göstergeleridir. Cari hesap dengesi başlığı altında en önemli alt başlık ticaret dengesidir. Ticaret dengesi ülkelerin karşılıklı

mal ticaretlerinin özetini verir. Yani bir ülkenin bir yıl içerisinde gerçekleştirdiği ihracat ve ithalatı rakamlarını göstermektedir. Eğer ülkenin ihracat ve ithalatı arasında fark var ise ticaret fazlası ya da açığı olarak tanımlanmaktadır. Bir üst başlık olan cari hesap dengesinde ülke aleyhine bir bilanço söz konusu ise cari açık tersi durumda da cari fazla olarak tanımlanmaktadır. Ödemeler dengesinin diğer bir alt başlığı da sermaye hesabı dengesidir. Sermaye hesabı altında kısa ve uzun vadeli sermaye hareketleri yer alır. Diğer bir ifadeyle doğrudan yabancı yatırımlar ve portföy yatırımlarıdır. Hepsinin tepesinde yer alan ve ana başlık olan ödemeler dengesinde ülke aleyhine bir açık var ise ödemeler dengesi açığı, ülke lehine bir fazla var ise ödemeler dengesi fazlası olarak tanımlanmaktadır. Burada ticaret açığı ile dış açık çoğu zaman aynı anlamda ihracat-ithalat farkını belirtmek için kullanılmaktadır. Görüleceği üzere cari açık kavramı, dış açık ve ticaret açığı kavramlarını da kapsayan daha geniş bir tanımlamayı içermektedir. Bu noktada ödemeler dengesinin cari hesap dengesi ceteris paribus döviz kurlarının ve milli gelirin bir fonksiyonudur. Sermaye hesabı ise açık bir ekonomide ceteris paribus iç ve dış faiz oranlarının bir fonksiyonudur.

Bütün bu açıklamalarda ceteris paribus varsayımı altında göz ardı ettiğimiz değişkenler, çoğu zaman önemli derecede açıklayıcılık gücüne sahip olabilmektedirler. Bu değişkenlerden en önemlileri enflasyon oranları, beklentiler ve beklentilerin daha somut bir göstergesi olarak yakın zamanda üretilen belirsizlik kavramıdır.

2008 küresel mali krizi, ciddi ekonomik dalgalanmalara yol açmıştır. Bu büyük resesyon döneminin ardından, uluslararası ticarete 1930'lardaki Büyük Buhran'ı hatırlatan büyük bir çöküş ve daralma yaşanmıştır. Dünyanın en büyük iki ekonomisi olan ABD ve Çin'de ticaretteki daralma, 2008-2009 yıllarında dünya ortalaması olan %12'nin oldukça üzerinde, yaklaşık %20'ye ulaşmıştır (Baker vd., 2016). Bu noktada, ihracatçıların belirsiz hale gelen küresel ekonomiye nasıl tepki verecekleri belirleyici olmaktadır. Piyasa belirsizliği, firmaların yatırım ve ihracat kararlarını önemli ölçüde etkiler. Belirsizlik, firmaların yatırım yapmaktan ve ihracat gerçekleştirmekten kaçınarak, gelişmeleri bekleyip görme eğilimine girmelerine neden olur.

Ekonomilerde yaşanan ve ülkemizi de etkileyen küresel dış ticaretteki daralmanın arka planını anlamak için piyasa belirsizliği önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ekonomik belirsizlik, her zaman ekonomistler ve politika yapıcılar arasında ilgi çeken bir konu olmuştur, ancak 2008 Küresel Finansal Krizi bu ilgiyi önemli ölçüde artırmıştır. Kriz, küresel finansal sistemlerin kırılganlıklarını ortaya çıkarmış ve ekonomik belirsizliği anlama ve

yönetmenin önemini vurgulamıştır. O zamandan beri, birçok çalışma ekonomik belirsizliği ölçmeye ve incelemeye odaklanmış ve ekonomik belirsizliğin konjonktür dalgalarını açıklayan önemli bir faktör olduğunu kabul etmiştir. Ekonomik belirsizlik, ekonominin gelecekteki durumu hakkında öngörülemezlik veya belirsizlik anlamına gelir. Siyasi istikrarsızlık, finansal piyasa dalgalanmaları ve beklenmedik ekonomik olaylar gibi çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilir. Yüksek düzeyde ekonomik belirsizlik, işletmeler ve bireyler finansal kararlarında daha temkinli hale geldikçe, yatırımın azalmasına, tüketici harcamalarının düşmesine ve genel ekonomik yavaşlamaya yol açabilir.

Bu bağlamda ekonomik belirsizlik, ihracatı çeşitli kanallar üzerinden etkileyebilir. Bu etkilerin kuramsal çerçevesi şu şekilde özetlenebilir: Ekonomik belirsizlik, hem yurtiçi hem de yurtdışı talebi olumsuz etkileyebilir. Belirsizlik dönemlerinde tüketiciler ve işletmeler harcamalarını kısabilir, bu da ihracat talebinin azalmasına yol açabilir. Belirsizlik aynı zamanda işletmelerin yatırım kararlarını ertelemelerine veya iptal etmelerine neden olabilir. Yatırım eksikliği, üretim kapasitesinin azalmasına ve dolayısıyla ihracatın düşmesine yol açabilir. Ekonomik belirsizlik, finansal piyasalarda dalgalanmalara ve kredi koşullarının sıkılaşmasına da neden olabilir. İhracatçı firmalar, finansman bulmakta zorlanabilir ve bu da ihracat faaliyetlerini olumsuz etkileyebilir. Diğer taraftan belirsizlik, döviz kurlarında dalgalanmalara yol açabilir. Döviz kuru belirsizliği, ihracatçıların maliyetlerini ve fiyatlarını öngörmelerini zorlaştırabilir, bu da ihracatın azalmasına neden olabilir. Son olarak ekonomik belirsizlik, hükümetlerin ticaret politikalarını değiştirmelerine neden olabilir. Örneğin, belirsizlik dönemlerinde korumacı politikalar benimsenebilir, bu da ihracatı olumsuz etkileyebilir.

Son araştırmalarda ilgi çeken ana konulardan biri de, ekonomik belirsizliğin konjonktür dalgaları üzerindeki etkisidir. Konjonktürel dalgalanmalar, ekonomik faaliyetlerde zaman içinde meydana gelen genişleme ve daralma dönemleri ile karakterize edilir. Ekonomik belirsizlik ile konjonktür dalgaları arasındaki ilişkiyi anlamak, ekonomik belirsizliğin olumsuz etkilerini hafifletmek için etkili ekonomik politikalar ve stratejiler geliştirmek açısından önemlidir.

Cari denge, bir ülkenin dış ticaret dengesi, net gelir transferleri ve net sermaye transferlerinin toplamıdır. Cari denge, bir ülkenin dış ekonomik ilişkilerinin genel sağlığını gösterir. Pozitif bir cari denge, ülkenin dış ticarete fazla verdiğini, negatif bir cari denge ise açık verdiğini gösterir. Ekonomik büyüme oranı, bir ülkenin GSYH belirli bir dönemdeki artış hızını

ifade eder. Büyüme oranı, cari denge üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüksek büyüme oranları, genellikle ithalat talebini artırarak cari açığın genişlemesine yol açabilir. Ancak, ihracatın da artması durumunda bu etki dengelenebilir. Döviz kurundaki değişimler de, ithalat ve ihracat fiyatlarını etkileyerek cari denge üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Döviz kurundaki değişimlerin hem Marshall-Lerner koşulu, hem J eğrisi hipotezi ve hem de Mundell-Fleming modeli çerçevesinde ele alındığında da cari denge üzerinde etkisi kaçınılmazdır. Dolayısıyla bu çalışmada bu bilinen argümanlara bağlı kalınarak GSYH ve döviz kurlarındaki değişimlere kontrol değişkenleri olarak modelde yer verilmiştir. Bu çalışmada esas itibarıyla Türkiye için Dünya belirsizlik oranının cari denge üzerindeki etkileri merak edilmektedir.

Bu çalışma, ekonomik belirsizliğin cari hesap dengesini açıklayan bir gösterge olarak ne ölçüde kullanılabileceğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Cari hesap dengesi, bir ülkenin ödemeler dengesi bileşenlerinden biridir ve mal ve hizmet ihracatı ile ithalatı arasındaki farkı, yurtdışından net gelirleri ve net cari transferleri yansıtır. Bir ülkenin cari hesap dengesi, ekonominin genel durumu ve küresel ekonomi ile etkileşimleri hakkında önemli bilgiler verir. Dolayısıyla ekonomik belirsizliğin cari hesap dengesini açıklayan bir değişken olarak önemini ortaya koymak önemlidir. Bu çerçevede bu çalışmada 1984'ün ikinci çeyreğinden 2023'ün üçüncü çeyreğine kadar olan dönem için zaman serisi analizi uygulanmaktadır. Kullanılan değişkenler arasında Türkiye'nin Cari Hesap Dengesi, GSYH Büyüme Oranı, Reel Döviz Kurları ve Türkiye için Dünya Belirsizlik Endeksi yer almaktadır. Diğer taraftan bu çalışmada, değişkenler arasındaki dinamik ilişkinin yönü ve büyüklüğü hakkında bilgi edinmek için etki-tepki analizi kullanılmıştır. Etki-tepki analizi, ampirik analizlerde bir değişkenin diğer bir değişkende meydana gelen değişikliklere veya şoklara nasıl tepki verdiğini analiz etmek için kullanılan bir araçtır. Bu, ekonomik şokların veya bir değişkendeki değişikliklerin sistemdeki diğer değişkenleri nasıl etkileyebileceğini anlamaya yardımcı olur.

Ek olarak, çok değişkenli zaman serisi analizinde ADF birim kök testleri yapılmış ve uygulanan VAR (Vektör Otoregresyon) modelinde gecikme uzunluğunu belirlemek için Akaike bilgi kriteri kullanılmıştır. VAR modeli, birden fazla zaman serisi arasındaki doğrusal bağımlılıkları yakalamak için kullanılan istatistiksel bir modeldir. Bu çalışmanın sonuçları, incelenen dönemde Türkiye'nin Cari Hesap Dengesi üzerinde ana belirleyici değişkenler olan GSYH büyüme oranı ve Reel Döviz Kuru değişikliklerinin belirleyici etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Ancak, Türkiye için Dünya Belirsizlik Endeksi'nin Cari Hesap Dengesi üzerindeki

etkisi belirlenmemiştir. Bu bulgu, ekonomik belirsizlik ile cari hesap dengesi arasındaki ilişkinin karmaşıklığını vurgulamakta ve cari hesap dengesini etkileyen diğer faktörlerin de rol oynayabileceğini önermektedir.

2. Literatür

Dünya Belirsizlik Endeksi (WUI), son yıllarda küresel ekonomik belirsizliğin bir ölçüsü olarak büyük bir ilgi görmüştür. WUI ile cari hesap dengesi arasındaki ilişkiyi anlamak, küresel belirsizliğin bir ülkenin dış ekonomik pozisyonunu nasıl etkilediğine dair öngörüler sağlayacağı için politika yapımcılar ve ekonomistler için önemlidir.

Bu konu ile ilgili çalışmalardan birisi Knight vd. (2019)'nin yaptığı çalışmadır. Bu çalışmada Türkiye'de cari hesap dengesinin belirleyicileri incelenmektedir. Yöntem olarak 1986'dan 2017'ye kadar olan yıllık verileri kullanarak, cari hesap dengesi ile küresel belirsizlik seviyeleri de dahil olmak üzere çeşitli belirleyiciler arasındaki ilişkiyi tahmin etmek için bir jackknife model-ortalama tahmincisi kullanılmıştır. Çalışma, özel sektör kredisi, kamu harcamaları ve reel döviz kuru değişiklikleri gibi diğer faktörlerle birlikte küresel belirsizlik seviyelerinin Türkiye'nin cari hesap dengesini önemli ölçüde etkilediğini bulmuştur.

Diğer bir çalışmada Hossain vd. (2024) Hindistan'da WUI, büyüme oranı, enflasyon oranı ve faiz oranı arasındaki dinamik etkileşimi incelemiştir. Yöntem olarak 1996 üçüncü çeyrekte 2021'in birinci çeyreğine kadar olan verileri kullanarak 4 gecikmeli bir VAR uygulamışlardır. Sonuç olarak çalışma WUI ile büyüme oranı arasında dikkate değer bir pozitif korelasyon bulmuştur. Bu da artan küresel belirsizliğin artan ekonomik büyüme ile örtüştüğünü göstermektedir. Buna karşılık, daha yüksek faiz oranlarının ekonomik genişlemeyi engellediği de ortaya konulmaktadır.

Bu konu ile ilgili çalışmalardan bir diğeri de Schmitt-Grohé vd. (2022)'nin yaptığı çalışmadır. Bu çalışmada belirsizlikteki değişikliklerin tüketim, tasarruf, ticaret dengesi ve cari hesap üzerindeki etkisi incelenmektedir. Genişletilmiş bir açık ekonomi modelinde, belirsizliğin makroekonomik değişkenler üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Çalışma, artan belirsizliğin tüketim ve tasarruf davranışlarında değişikliklere yol açtığını ve bunun da ticaret dengesi ve cari hesabı etkilediğini ortaya koymaktadır.

Literatür, Dünya Belirsizlik Endeksi ile cari hesap dengesi arasındaki karmaşık ilişkiyi ortaya koymaktadır. Diğer bazı çalışmalarda da küresel belirsizliğin tüketim, tasarruf, yatırım ve

ticaret gibi farklı kanallar aracılığıyla çeşitli makroekonomik değişkenleri, cari hesap dengesi de dahil olmak üzere, etkileyebileceği gösterilmektedir.

Bu çalışmalardan birisi olan Chinn ve Prasadi (2003)'nin araştırmasında gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde cari hesap dengesinin orta vadeli belirleyicilerini incelenmektedir. Cari açığın ülkeler arasındaki ve zaman içindeki değişimini açıklamak için yatay kesit ve panel regresyon tekniklerini kullanılmıştır. Bu çalışmada cari işlemler dengesinin, hükümet bütçe dengesi ve net dış varlıkların başlangıç stokları ile pozitif ilişkili olduğu ortaya konulmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ise finansal derinleşme ölçümleri cari işlemler dengeleri ile pozitif ilişkiliyken, dış açıklık göstergeleri cari işlemler dengeleri ile negatif ilişkilidir.

Zanghieri (2004) çalışmasında, cari açığın sürdürülebilirliğini değerlendirmiş ve Avrupa Birliği'ne yeni katılan üyeler için cari hesabın sürdürülebilirliğini farklı açılardan ele almıştır. Bu çalışmada, uzun vadeli büyüme, reel faiz oranları, döviz kurları ve yabancı sermaye girişleri bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Daha sonra, cari hesabın belirlenmesine yönelik basit bir teorik model geliştirilmiş ve cari hesabın belirleyicilerinin ampirik bir tahmini yapılmıştır. Zanghieri'nin ulaştığı sonuçlar, doğrudan yabancı yatırımın çok önemli bir rol oynadığını ve büyük miktardaki girişlerin sürdürülmesinin temel bir siyasi öncelik haline getirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Born vd. (2014) çalışmalarında, belirsizlik şoklarının ABD GSYH'sı ve resesyon sonrasında işsizlik üzerindeki etkilerini tahmin etmektedirler. Altı farklı belirsizlik göstergesindeki değişimlerin GSYH büyüme oranı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma, kriz sırasında belirsizlik ölçümlerindeki artışın yalnızca küçük bir bölümünün dışsal belirsizlik şoklarından kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Diğer yandan, tüm belirsizlik göstergeleri, resesyon sırasında GSYH'deki yüzde 9'luk düşüşün yüzde bir puanından daha azını açıklarken, makroekonomik belirsizlik şoklarının işsizlik oranını 2010 ve 2011 yıllarında yüzde 0,3 ila 0,7 puan artırdığı bulunmuştur. Bu nedenle, makroekonomik belirsizlik, kriz sonrası işgücü piyasasındaki yavaş toparlanmayı açıklayan güçlü değişkenlerden biri olarak sunulmaktadır.

Sadikua vd. (2015), Makedonya ekonomisi üzerine yaptıkları çalışmada, cari işlemler açıkları ile çeşitli makroekonomik göstergeler arasındaki ampirik bağlantıyı analiz etmişlerdir. 1998'in ilk çeyreğinden 2013'ün son çeyreğine kadar olan dönemde cari hesap dengesini belirleyen değişkenleri test etmişlerdir. Regresyon denklem tahminlerinde ARDL yaklaşımını kullanarak, cari

işlemler dengesindeki değişimleri en iyi açıklayan değişkenleri tahmin etmişlerdir. Ampirik sonuçlar, cari işlemler hesabı, mali denge, finansal gelişme, ticaret hadleri ve ticaret açığı arasındaki eş bütünleşme ilişkisinin güçlü bir şekilde desteklendiğini göstermektedir. Finansal gelişme, mali denge ve ticaret hadleri cari işlemler dengesi ile pozitif, dış açık ise cari işlemler dengesi ile negatif ilişkilidir.

Carriero vd. (2016), çalışmalarında belirsizliği ve bunun ekonomi üzerindeki etkilerini ölçmek için VAR modeline dayalı yeni bir çerçeve önermişlerdir. Bu çalışmada, hesaplama açısından verimli olan ve birçok değişkenin ortaklaşa modellenmesine izin veren yeni bir Bayes algoritması kullanılarak tahminler yapılmıştır. ABD verilerini kullanarak belirsizliği ve etkilerini tahmin etmek için bu yöntemi ampirik olarak uygulamışlardır. Sonuçlar, belirsizliğin temel makroekonomik ve finansal değişkenler üzerinde büyük etkileri olduğunu ve yanıtların ekonomi teorisine uygun olduğunu göstermektedir.

Eaton ve ark. (2016), dinamik çok ülkeli bir genel denge modelinde küresel ticaretin çöküşüne neden olan güçleri araştırmaktadırlar. Bu çalışmada, küresel ticaretteki daralmanın nedeni olarak, yatırım verimliliğindeki düşüştan kaynaklanan talebin uluslararası ticarete konu olan mallardan uzaklaşmasını göstermektedirler.

Diğer bir çalışmada ise Amity ve Weinstein (2011), uluslararası ticaretteki daralmayı ticari kredilerdeki ve dış finansal koşullardaki bozulmaya bağlamaktadırlar. Benzer şekilde Jiao ve Wen (2012) ise yaptıkları çalışmada finansal koşulların uluslararası ticaret üzerindeki etkisi analiz etmişlerdir. Bu çalışmada da uluslararası ticaretteki daralmanın ticari kredilerdeki ve dış finansal koşullardaki bozulmalara bağlı olduğu gösterilmektedir.

Sorić ve Lolić (2017), Hırvatistan ekonomisi üzerine yaptıkları çalışmada, gözlemlenen belirsizlik ölçümlerinin ekonomik faaliyetler üzerinde önemli ancak geçici bir etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir. Çalışmalarında sabit parametrelili yapısal VAR modeli kullanarak, belirsizlik ile ekonomik faaliyetler arasında negatif ve kısa süreli bir ilişki tespit etmişlerdir. Ayrıca, kullanılan belirsizlik ölçümlerinin olumsuz etkisinin ekonomik dalgalanmaların daralma aşamalarında daha belirgin hale geldiğini ortaya koymuşlardır.

Istiak ve Serletis (2018), çalışmalarında ekonomi politikası belirsizlik endeksini açıklayıcı değişken olarak kullanarak, ekonomi politikasıyla ilgili belirsizliğin reel ekonomik aktivite üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Araştırmalarında, G7 ekonomilerinin farklı büyüklükteki

pozitif ve negatif ekonomik politika belirsizliği şoklarına nasıl tepki verdiğini incelemek için 1985'in ilk çeyreğinden 2015'in üçüncü çeyreğine kadar olan dönemi kapsayan aylık verileri ve itki tepki fonksiyonlarını kullanmışlardır. Sonuçlar, ekonomik politika belirsizliğinin konjonktürel birlikte aynı yönde hareket ettiğini ve belirsizlik şoklarının etkilerinin dalga boyu ile birlikte arttığını göstermektedir. Ayrıca, reel çıktının pozitif ve negatif ekonomi politikası belirsizlik şoklarına verdiği tepkilerin ülkeye özgü olduğunu ortaya koymuşlardır.

Türkiye için yapılan diğer bir çalışmada ise Eren ve Tuzun (2019), konjonktürel dalgalanmaların Türkiye'nin cari işlemler dengesi üzerindeki etkisini tahmin etmektedirler. Bu çalışmada 2003:q1'den 2019:q1'e kadar olan dönemde döngüsel olarak düzeltilmiş cari denge serileri oluşturulmuştur. Bu amaçla, iç ve dış döngüsel devreler HP filtresinin değiştirilmiş bir versiyonuyla tahmin edilmektedir. Bulgular, cari işlemler dengesinin düzeyinin ve gelişiminin büyük ölçüde döngüsel olmayan faktörler tarafından belirlendiğini, ancak döngüsel uyumun büyüklüğünün belirli dönemlerde GSYH'nın yüzde 1,4'üne kadar ulaştığını göstermektedir. Analiz dönemi boyunca cari işlemler dengesindeki konjonktürel değişimlerin ana itici gücünün yurt içi dalgalanmalar olduğu görülmektedir.

Bazı araştırmalar, ekonomik belirsizliğin artmasının işsizliğin de artmasına yol açtığını gösteren ampirik kanıtlar sunmaktadır. Bu çalışmalardan biri olan Terry vd. (2020) araştırmasına göre, Kovid döneminin neden olduğu ekonomik belirsizlikteki artış, birçok ülkede işsizliğin yükselmesine neden olmuştur. Belirsizliğin artması, firmaların geri dönüşü kolay olmayan faaliyetlere girişmek yerine faaliyetlerini ertelemelerine yol açmaktadır (Bernanke, 1983).

Kara ve Sarıkaya (2023) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'de cari işlemler dengesinin döngüsel etkenleri tanımlanmış ve ilgili makro politika sonuçlarını değerlendirilmiştir. Cari işlemler hesabı en geniş anlamı ile 'Temel Cari Hesap' kavramı olarak ele alınmaktadır. Bu çalışmada dış açıktaki aşırı dalgalanmalar, pandemi ve savaş gibi dış şoklar ile düşük reel yurt içi faiz oranlarıyla açıklanmaktadır. Yazarlara göre, 2022'den sonra enflasyondaki artış ve merkez bankası rezervlerinin aktif kullanımıyla uygulanan yarı sabit döviz kuru rejimi, geçmiş yıllardaki rekabet gücü kazanımlarını hızla aşındırarak temel dengeyi önemli ölçüde bozmuştur.

Son yıllarda, Dünya belirsizlik endeksi başka birçok çalışmada da açıklayıcı değişken olarak kullanılmaktadır. Bunlardan birisi olan Claveria (2022) tarafından yapılan çalışmada, Dünya belirsizlik endeksi intihar oranlarındaki artışları açıklamak için kullanılmıştır. Bu çalışma, dinamik

bir panel modeli kullanarak işsizlik, ekonomik büyüme, belirsizlik ve intihar arasındaki dinamik bağlantıları değerlendirmiştir. Sonuçlar, ekonomik belirsizlik ve işsizlikteki artışların intihar oranlarında artışa yol açabileceğini öne sürmektedir.

3. Belirsizlik Kavramı ve Ekonomik Politika Belirsizlik Endeksi

Literatürde belirsizlik düzeyinin nasıl ölçüleceği konusunda tartışmalar olmakla birlikte, belirsizliği diğer şok türlerinden ayırtmak için belirsizliği temsil eden stratejiler ortaya konulmaktadır. Bu yaklaşımlar beş kategoride ele alınmaktadır: geleceğe ilişkin tahminler arasındaki anlaşmazlıklar¹, iş dünyası ve tüketici anketlerinden alınan yanıtlar, ekonometrik olarak oluşturulmuş ölçümler, finansal verilere dayalı oluşturulan veriler (Claveria, 2022). İlk iki yaklaşım, dayandıkları anket bilgilerinin türüne göre değişen dağılım ölçülerine dayanmaktadır. Belirsizliği temsil etmenin üçüncü yolu, ilk olarak Jurado vd. (2015) tarafından önerilen ekonometrik öngörülemezliğe dayanmaktadır. Son yapılan ampirik araştırmalarda bu yaklaşım daha da geliştirilerek geleceğe dönük bilgilere dayalı olarak belirsizliğin daha doğrudan ölçümlerini kullanmaktadırlar. Son olarak, finansal verilerin (örneğin tahvil getirileri, döviz kurları gibi) kullanılmasına odaklanan bir yaklaşım da söz konusudur. Ancak borsadaki gelişmeler reel ekonomideki gelişmeleri yalnızca kısmen yansıttığı için, bu yaklaşımı benimseyen araştırmacılar (örn. Girardi ve Reuter, 2017), ekonomik belirsizliği daha net ortaya koyabilmek için yeni veriler toplamanın önemini altını çizmektedirler. İncelediğimiz çalışmalarda iki temel belirsizlik endeksi kullanılmaktadır. Bunlardan birisi Dünya Belirsizlik Endeksi (WUI) diğeri de Ekonomik Politika Belirsizlik Endeksi (EPU)'dir.

Dünya Belirsizlik Endeksi (WUI), küresel ekonomik belirsizliğin bir ölçüsü olarak kullanılan bir endekstir. Bu endeks, ülkelerdeki ekonomik ve politik belirsizlikleri ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. WUI, The Economist Intelligence Unit tarafından üç ayda bir yayınlanan ülke ekonomik raporlarındaki siyasal ve ekonomik belirsizliklere dayanarak hazırlanır. The Economist Intelligence Unit'in üç ayda bir yayınladığı ülke ekonomik raporları incelenir. Bu

¹ Ekonomistler ve diğer uzmanlar tarafından gelecekteki ekonomik koşullar hakkında yapılan tahminlerdeki farklılıkları ifade eder. Bu anlaşmazlıklar, tahmincilerin tahminlerini yapmak için farklı modeller, veriler ve varsayımlar kullanmaları nedeniyle ortaya çıkabilir. Örneğin, bir tahminci belirli göstergelere dayanarak güçlü ekonomik büyüme öngörebilirken, bir diğeri farklı faktörler nedeniyle bir yavaşlama öngörebilir. Bu anlaşmazlık önemlidir çünkü ekonomideki belirsizlik düzeyini yansıtır. Tahminciler arasında geniş çapta farklı tahminler olduğunda, gelecekteki belirsizliğin yüksek olduğunu gösterir.

raporlarda belirtilen siyasal ve ekonomik belirsizlik unsurları tespit edilir. Belirsizlik unsurları, belirli bir metodoloji kullanılarak sayısal bir endekse dönüştürülür. Daha sonra WUI, 143 ülkeyi kapsayacak şekilde üç ayda bir güncellenir ve yayınlanır.

Bu endeks, 1955 yılından bugüne kadar olan uzun bir zaman dilimini kapsar ve küresel ekonomik belirsizliklerin zaman içindeki değişimini izlemek için kullanılabilir. WUI, yatırımcılar, politika yapımcılar ve ekonomistler için önemli bir araçtır. Bu çerçevede ekonomik belirsizliklerin etkilerini analiz edilebilmekte ve politika belirlenmesinde kullanılabilir.

Temel olarak belirsizliğin artması, hanehalkı ve firmaların ekonomik faaliyetlerinde geçici bir yavaşlamaya yol açarak durgunluk dönemlerini tetikleyebilmektedir. Son yıllarda, 2008 krizi, 2012 Avrupa borç krizi ve ABD ile Çin gerilimi ve gibi gelişmeler iktisadi ajanların karşı karşıya kaldığı belirsizliği artırmaktadır. Dolayısıyla belirsizliğin ölçülmesi ve makroekonomik değişkenler üzerindeki etkilerinin ekonometrik olarak analiz edilmesi daha da önemli hale gelmektedir. Bu bağlamda farklı endeksler geliştirilmektedir. Bunlardan Bloom (2009)'un geliştirdiği Volatilité Endeksi ve Jurado ve ark. (2015)'nin geliştirdiği ekonomik göstergelerin tahmin edilen değerleri ile gerçekleşen değerleri arasındaki farklılıklara dayalı belirsizlik endeksleri sayılabilir. Jurado ve ark. (2015), ekonomik göstergelere yönelik zaman serisi modellerindeki tahmin hatalarına dayanan “Makroekonomik Belirsizlik Endeksi (MU)”ni geliştirmişlerdir. Scotti (2016), profesyonel tahmincilerin tahmin hatalarına dayanan “Ekonomik Sürpriz Endeksi (ES)”ni önermektedir. Baker ve ark. (2016) belirsizliği gerçek zamanlı olarak izlemek için pratikte endeks olarak kullanılan gazete metinlerini temel alarak “Ekonomik Politika Belirsizliği Endeksi (EPU)”ni geliştirmişlerdir.

EPU Endeksi üç temel kaynağa dayandırılmaktadır. Birincisi ABD'nin önde gelen 10 gazetesinin ekonomik belirsizlikle ilgili medya haberlerinin arşividir. Belirli anahtar kelime kombinasyonlarını (örneğin, ekonomik + belirsizlik/belirsiz + kongre/açık/mevzuat vb.) kullanarak bu arşivi taramışlar ve ekonomideki belirsizlikle ilgili makalelerin aylık sıklığının ölçekli bir ölçüsünü hesaplamışlardır. İkinci olarak 10 yıl içinde süresi dolacak olan federal vergi kanunu hükümlerinin sayısını belirlemişlerdir. EPU'nun son kaynağı ise, Profesyonel Tahminciler Anketi'nden (SPF) alınan yanıtlara dayanan bir anlaşmazlık ölçüsüdür. Yani burada tüketici fiyat endeksi tahminlerindeki ve yerel yönetimlerin mal ve hizmet alımlarındaki anlaşmazlıklarını dikkate almaktadırlar. EPU endeksinin nihai tahmini, her bir EPU bileşenine belirli bir ağırlık

eklenerek her ay elde edilmektedir. Ekonomik belirsizliğin medya endeksinde 0.5'lik bir ağırlık eklenir ve süresi dolan vergi kanunu hükümlerine, fiyat seviyesi anlaşmazlığına ve hükümet alımlarına 1/6'lık bir ağırlık eklenmektedir (Sorić & Lolić, 2017).

EPU endeksi, Davis (2016) tarafından geliştirilmiş ve ulusal makalelerin aylık paylarıyla orantılı olarak birçok ülkeden EPU'ların GSYİH ağırlıklı ortalaması alınarak küresel ekonomik politika belirsizliği (GEPU) endeksini hesaplanmıştır. GEPU endeksinde yer alan ülkeler küresel üretimin yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır.

Kozeniauskas ve ark. (2018) ise belirsizlik kavramları arasında ayırım yapmışlardır. Bunlar mikro belirsizlik (firma düzeyindeki sonuçların kesitsel varyansı), makro belirsizlik (toplam şoklar) ve daha yüksek düzeyde belirsizlik (anlaşmazlık) kavramlarıdır. Birçok araştırma da, çok çeşitli ekonomik değişkenlerin beklenen değişim yönünün sorulduğu iş dünyası ve tüketici anketlerinden elde edilen niteliksel beklentilere dayanarak ekonomik belirsizliği temsil etmek için alternatif önlemler önerilmektedir (Bachmann vd, 2013; Claveria vd, 2013). Ancak bu yaklaşımlar içerisinde en popüler yaklaşım, belirsizlikle ilgili kavramların medyada yer alma sıklığının hesaplanmasına dayanan ve Baker vd.(2016) tarafından oluşturulan EPU endeksidir².

Bu çalışmada yukarıda bahsettiğimiz belirsizlik endekslerinden Federal Reserve Bank St. Louis (FRED)'in internet sitesinden elde edilen 'Türkiye için Dünya Belirsizlik Endeksi (WUI)' kullanılmaktadır³.

4. Metodoloji

Bu çalışmada, Türkiye'nin cari hesap dengesi üzerindeki ekonomik belirsizliğin etkisini incelemek amacıyla çok değişkenli zaman serisi analizi kullanılmıştır. Analiz süreci aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

Öncelikle çalışmada kullanılan veriler toplanmış ve analize uygun hale getirilmiştir. Çalışma kullanılan dört değişken Cari Denge, Büyüme Oranı, Döviz kurundaki değişim ve Türkiye için Dünya Belirsizlik Endeksi (WUI)'dir. Bilindiği üzere cari dengenin ana iskeletini ticaret dengesi oluşturmaktadır. Mundell- Fleming modeline göre ticaret dengesinde yer alan ihracat döviz kurlarının ithalat ise milli gelirin bir fonksiyonu olarak ele alınmaktadır (Mankiw,

² EPU verileri (<https://www.policyuncertainty.com/>)'dan elde edilebilir.

³ WUI verileri (<https://fred.stlouisfed.org/tags/series?t=turkey>) elde edilebilir.

2007). Bu nedenle büyüme oranı ve döviz kurları modele dahil edilmiştir. Ancak çalışmanın ana hedefi WUI'nin cari denge üzerindeki etkisinin (eğer varsa) ortaya konulmasıdır.

Veriler üç aylık serilerdir ve 1984:q2'den 2023:q3'ye kadar olan dönemi kapsamaktadır. Çalışmada kullanılan değişkenlerin veri seti Federal Reserve Bank of St. Louis'ın veri tabanından alınmıştır. Çalışmada kullanılan zaman serileri, Türkiye için Dünya Belirsizlik endeksi (WUI), Cari Denge, GSYH büyüme Oranı, Döviz kuru serileridir. Bu serilerin değişim oranları ($gt = \ln(xt/xt-1) \times 100$) yöntemi ile hesaplanmıştır. Büyüme oranları hesaplanmadan önce tüm serilerin mevsimsel özellikleri incelenmiştir ve mevsimsellikten arındırılmıştır. Serilerin mevsimsel dinamiklerden arındırılması Tramo/Seats yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Gomez & Maravall, 1996). Tablo 1'de değişkenler ve açıklamaları verilmektedir.

Tablo 1

Değişkenler ve Açıklamaları

Değişkenler	Açıklama
Cari Denge	1957-2024 serisinden alınmıştır. Veriler üç aylık hazırlanmış verilerdir. ABD doları cinsinden mevsimsellikten arındırılmış verilerdir. Bu verilerden elde edilmiş değişim oranları analizlerde kullanılmıştır.
Büyüme Oranı	Büyüme oranı önceki yılın aynı dönemine göre artış hızı olarak hesaplanmış ve mevsimsellikten arındırılmıştır. GSYH serisi sabit fiyatlarla ve harcama yöntemine göre elde edilmiş ABD doları cinsinden verilerdir.
Döviz Kurları	ABD Doları Döviz Kuru: Günlük Kurların Ortalaması olarak hesaplanmıştır. Önceki yılın aynı dönemine göre değişim oranı olarak verilmektedir. Mevsimsellikten arındırılmış üç aylık verilerdir.
Türkiye için Dünya Belirsizlik Endeksi (WUI)	Dünya Belirsizlik Endeksi, Economist Intelligence Unit'in üç aylık ülke raporlarında aynı kelimenin tekrarlanma sıklığını kullanarak belirsizliği belirlemektedir. Endeks üç aylık verilerdir ve Tramo/Seats yöntemi ile mevsimsellikten arındırılmıştır.

Not. Bütün değişkenlere ait zaman serileri FRED (Federal Reserve Bank of St. Louis) internet sitesinden elde edilmiştir. (<https://fred.stlouisfed.org/searchresults?st=turkey&t=trade&ob=sr&od=desc>)

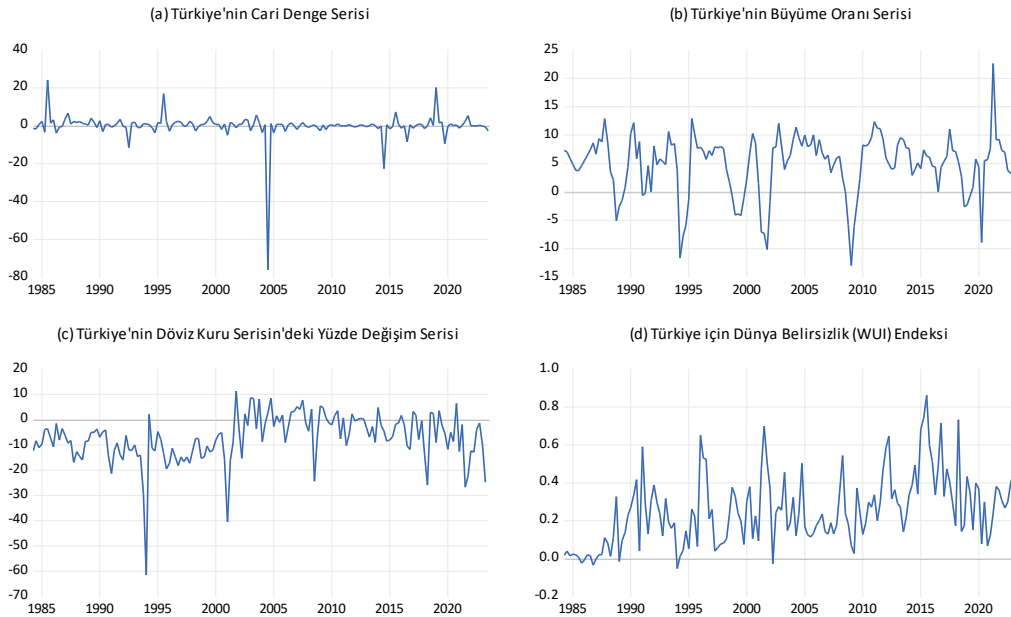
Cari denge, büyüme oranı, döviz kuru değişimi ve WUI arasındaki ilişkiyi analiz etmek için çeşitli ekonometrik yöntemler kullanılabilir. Bu tür analizlerde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi Vektör Otoregresyon (VAR) Modeli'dir. Söz konusu değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklamak için kullanılabilir analizlerden birisi de Etki-Tepki Analizidir. Etki-tepki analizi, bir değişkende meydana gelen şokların diğer değişkenler üzerindeki etkilerini zaman içinde izler. Değişkenler arasındaki dinamik ilişkilerin yönü ve büyüklüğünü analiz etmek için uygundur.

Bu yöntemler, cari denge, büyüme oranı, döviz kuru değişimi ve WUI arasındaki ilişkileri anlamak ve analiz etmek için kullanılabilir.

Çalışmada zaman serisi verilerinin durağan olup olmadığını belirlemek için ADF (Augmented Dickey-Fuller) birim kök testleri uygulanmıştır. Durağan olmayan seriler, farkları alınarak durağan hale getirilmiştir. Değişkenler arasındaki doğrusal bağımlılıkları yakalamak için VAR modeli kullanılmıştır. VAR modeli, birden fazla zaman serisi arasındaki dinamik ilişkileri analiz etmek için kullanılan bir istatistiksel modeldir. VAR modelinde gecikme uzunluğunu belirlemek için Akaike Bilgi Kriteri (AIC) kullanılmıştır. AIC, modelin uyumunu ve karmaşıklığını dengeleyerek en uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesini sağlamaktadır. Son olarak değişkenler arasındaki dinamik ilişkinin yönü ve büyüklüğü hakkında bilgi edinmek için etki-tepki analizi uygulanmıştır. Bu analiz, bir değişkende meydana gelen şokların diğer değişkenler üzerindeki etkilerini zaman içinde izlemeye olanak tanımaktadır. Elde edilen sonuçlar Türkiye'nin cari hesap dengesi üzerindeki WUI etkilerini değerlendirmek için yorumlanmış ve çalışma sonlandırılmıştır.

5. Araştırma Sonuçları ve Bulgular

Araştırmada yer alan dört değişkene ait veri kümesinin grafiği Grafik 1'de verilmektedir.



Grafik 1. Türkiye'nin 1984:q2-2023:q3 Dönemi İçin Mevsimsel Dinamiklerinden Arındırılmış Cari Denge, Büyüme Oranı, Döviz Kurun'daki Değişim Ve Türkiye İçin Dünya Belirsizlik Endeksi Serilerinin Grafikleri

Yukarıdaki tablolar incelendiğinde, Türkiye'nin 90'lı yılların ilk yarısında Türk Lirası'nın aşırı değer kaybetmesiyle karşı karşıya kaldığı ve bunun sonucunda cari dengenin iyileşmesi ve büyüme oranının artmasıyla bir canlanma dönemine girdiği görülmektedir. 1994'teki durgunluk, yerini canlanma dönemine bırakmıştır. Ancak, 90'lı yılların sonlarına doğru ekonomi tekrar durgunluğa girmiştir.

2002 yılında Türkiye'nin ihracatı %30 oranında artarken, ithalatı %33.3 oranında artmıştır. Bu dönemde dış açık 21.9 milyar dolar olmuş ve ihracatın ithalatı karşılama oranı önceki yıla göre gerileyerek %68.2 olmuştur. Cari denge ise 6.8 milyar dolar açık vermiştir. 2002 ve 2003 yıllarında Irak savaşı ve SARS salgını nedeniyle büyüme oranlarında bir düşüş gözlenmiştir. Ancak, dönem sonunda belirsizliğin azalması ile birlikte büyümenin hızlandığı görülmektedir. Bu büyüme artışı 2004 yılında da devam etmiştir.

2005 yılından itibaren büyüme oranlarında düşüş başlamış ve 2008 krizi ile birlikte bu düşüş devam ederek incelediğimiz dönemin en düşük seviyesine ulaşmıştır. Bu dönemde kurlar ve cari denge yatay bir seyir izlemiştir. Benzer şekilde, belirsizlik endeksinde de dönemi açıklayan değişiklikler gözlemlenmemiştir. Türkiye'nin cari işlemler dengesi serisi, incelediğimiz dönem boyunca genel olarak açık vermektedir. Ancak, bu düzenli seri 2004-2005 yıllarında bozulmuş ve ciddi açıklar vermiştir. Benzer bir kırılma 2005 yılında da yaşanmış ve cari işlemler dengesinde görülen bu şok dalgaları döviz kurundaki aşırı değerlenmeyle ilişkilendirilmiştir.

Reel döviz kurlarının ithalatı azaltıcı ve ihracatı artırıcı etkisi, makroekonomik teoride sıkça tartışılan bir konudur. Bu etki, döviz kurlarının değişimlerinin ticaret dengesi üzerindeki etkilerini inceleyen birçok araştırma ile desteklenmektedir.

Gül (2018) yaptığı çalışmada, Türkiye'de reel döviz kurundaki değişimlerin ihracat üzerindeki asimetric etkileri incelenmiştir. Çalışma, reel döviz kurundaki artışların (TL'nin değer kazanması) ihracatı azaltıcı, değer kayıplarının ise ihracatı artırıcı etkisi olduğunu göstermektedir.

Başka bir çalışmada da Güler (2021), Türkiye'de reel efektif döviz kuru şoklarının ihracat ve dış ticaret dengesi üzerindeki asimetric etkileri incelenmiştir. Bulgular, pozitif reel kur şoklarının (TL'nin değer kazanması) ihracatı kısa dönemde artırdığını, ancak uzun dönemde azalttığını göstermektedir. Negatif reel kur şokları (TL'nin değer kaybı) ise ihracatı kademeli olarak artırmaktadır.

Bu araştırmalar bu çalışmadaki bulgularımıza paralel olarak, reel döviz kurlarının ithalatı azaltıcı ve ihracatı artırıcı etkilerini makroekonomik teoriye uygun olarak desteklemektedir. Bilindiği üzere Marshall-Lerner koşulu, J eğrisi hipotezi ve Mundell-Fleming modeli Keynesyen gelir-harcama modeli ile tutarlı olarak döviz kurlarındaki ve milli gelirdeki değişmelerle de ithalat ve ihracattaki değişmeleri ilişkilendirmektedir.

Küresel boyutta 2008 krizini tetikleyen gelişmeler, 2006 yılı genelinde dünya ekonomisinin büyümesini olumsuz etkileyen petrol fiyatları ve uluslararası likidite koşullarına dair belirsizlikler ile küresel dengesizlikler olmuştur (TCMB Rapor,2007). Aynı zamanda ABD de emlak ve taşıt piyasalarında görülen yavaşlama ABD ekonomisini olumsuz etkilemiştir. Bu dönemde Çin %10 civarında büyümüştür.2006 yılında Çin'in ihracatı %27 oranında artmıştır(TCMB Rapor,2006).

Yukarıdaki Grafikten Türkiye'nin büyüme oranı serileri incelendiğinde ise 1985-2020 yılları arasında resesyon ve canlanma dönemleri açıkça görülebilmektedir. Aynı seri Türkiye için Dünya Belirsizlik Endeksi ile birlikte ele alındığında, belirsizliğin arttığı dönemlerin Türkiye'nin resesyon dönemleri olduğu gözlemlenmektedir.

2008 küresel ekonomik krizi, ABD'de başlamış ve hızla tüm dünyaya yayılmıştır. ABD'de konut piyasasındaki çöküş ve mortgage kredilerindeki sorunlar, finansal sistemde büyük bir krize yol açmıştır. Avrupa Birliği ülkeleri de krizden ciddi şekilde etkilenmiş, özellikle Yunanistan, İspanya, İtalya ve Portekiz gibi ülkeler yüksek borç seviyeleri ve bütçe açıkları nedeniyle büyük ekonomik zorluklar yaşamıştır. Doğu Avrupa ülkeleri, krizden en çok etkilenen bölgelerden biri olmuştur. Estonya, Letonya ve Litvanya gibi ülkeler, ekonomik büyümede büyük düşüşler yaşamış ve işsizlik oranları hızla artmıştır. Türkiye ise 2008 küresel ekonomik krizinden diğer birçok ülkeye kıyasla daha hafif etkilenmiştir. Güçlü bankacılık sektörü ve mali disiplin önlemleri, krizin etkilerini hafifletmiştir. Ancak, ihracat ve sanayi üretimi gibi alanlarda olumsuz etkiler yaşanmıştır (Cömert ve Uğurlu, 2016; Aytaç vd., 2015; Birol, 2011; Long vd., 2012).

Küresel daralmanın etkisiyle Türkiye'nin cari işlemler açığına ilişkin veriler 2008 yılında olumsuzla dönmüştür. 2009 ve 2010 yıllarında dış talep zayıf seyrini sürdürürken, iç talepte canlanma gözlenmektedir. Bu durum dış ticaret açığının genişlemesinde etkili olmuştur. Bu dönemde ihracatımız yıllık % 10.8, ithalatımız ise % 36.1 oranında artmıştır.2010 yılı dönem sonuna kadar devam eden bu eğilim neticesinde dış ticaret açığı 56.4 milyar dolara ulaşmıştır.

Küresel kriz döneminde ihracat pazarının yaklaşık yarısını oluşturan AB ülkelerine ihracatın toplam içindeki payı düşerken, Yakın ve Orta Doğu ülkelerine ihracatın payı yükselmiştir (TCMB Rapor,2010).

Cari işlemler dengesi açığı 2012 yılında azalma eğilimi göstermektedir. Bu eğilim 2013 ve 2014 yıllarında da devam etmektedir. 2015 yılında da cari işlemler açığı gerileme eğilimini devam ettirmiştir. Cari dengede görülen bu iyileşme petrol fiyatlarındaki düşüş ile birlikte enerji ithalatının önceki yıla göre azalmasının etkisi büyük olmuştur. Bu dönemde ödemeler dengesi istatistiklerinde yapılan yılsonu güncellemeleri bu dönemde gözlemlenen cari işlemler dengesindeki olumlu gelişmelerde etkili olmuştur. 2017 yılında cari işlemler dengesi 2016 yılına kıyasla kademeli bir bozulma göstermektedir. Gözlenen dış ticaret dengesindeki bozulmanın nedeni iç talepteki artış ve enerji fiyatlarındaki artışa bağlı olarak ithalatta gözlenen ciddi artışlardır. İncelediğimiz dönemde TL'nin değer kaybının sürdüğü görülmektedir. Aynı şekilde 2019 pandemi döneminde de cari açığın arttığı, TL'nin değer kaybettiği, büyümenin yavaşladığı gözlenmekte ancak belirsizlik endeksin de ciddi bir değişiklik olmadığı görülmektedir.

Çalışmada kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2

Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Ortalama	Medyan	Maksimum	Minimum	Std. Sapma
Cari Denge	-0.072240	0.200935	24.50000	-79.26923	7.669299
GSYH büyüme oranı	4.832768	5.846893	22.58350	-12.93391	5.267471
Döviz kuru	-7.179690	-7.234646	11.31704	-61.42837	9.329827
WUI	0.254236	0.237366	0.862084	-0.051629	0.188448

Çalışmada kullanılan değişkenler için uygulanan genişletilmiş Dickey-Fuller birim kök testi sonuçları Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3

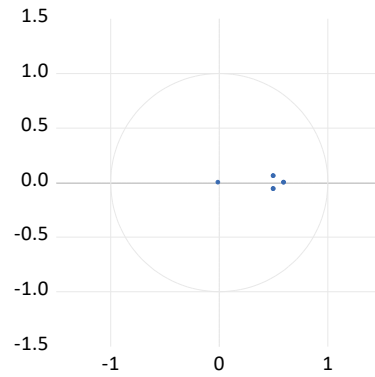
Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testleri Sonuçları

	Olasılık	Cari Denge	GSYH büyüme oranı	Döviz kuru	WUI
Sabit Terimli Model	Hesaplanan t değeri (p-olasılık)	-12.45873 (0.0000)	-4.622387 (0.0002)	-8.132545 (0.0000)	-6.588724 (0.0000)
	%1	-3.472259	-3.473096	-3.472259	-3.471987
	%5	-2.879846	-2.880211	-2.879846	-2.879727

	%10	-2.576610	-2.576805	-2.576610	-2.576546
Sabit	Hesaplanan t	-12.48620	-4.624563	-8.411680	-7.881794
Terimli	değeri	(0.0000)	(0.0013)	(0.0000)	(0.0000)
ve linear	(p-olasılık)				
Trendli	%1	-4.017568	-4.018748	-4.017568	-4.017185
Model	%5	-3.438700	-3.439267	-3.438700	-3.438515
	%10	-3.143666	-3.143999	-3.143666	-3.143558
Sabit	Hesaplanan t	-12.49680	-2.500177	-3.180626	-1.571780
Terimsiz	değeri	(0.0000)	(0.0125)	(0.0016)	(0.1089)
ve linear	(p-olasılık)				
Trendsiz	%1	-2.579774	-2.592452	-2.579967	-2.579870
Model	%5	-1.942869	-1.944666	-1.942896	-1.942883
	%10	-1.615359	-1.614261	-1.615342	-1.615351

Cari denge, GSYH büyüme oranı ve döviz kuru serileri için yapılan birim kök testi sonucunda sabitli, sabitli ve trendli, sabitsiz ve trendsiz modellere göre serilerin birim köke sahip olduğunu ifade eden 0 hipotezi geleneksel önem düzeylerinin tamamında reddedilebilmiştir. Dolayısıyla bu seriler düzeyde durağandır. Ancak WUI serisi sadece sabitli ve sabitli trendli modelde düzeyde durağandır.

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



Şekil 1. Polinomial Ters Kök Birim Çemberi

Şekil 1'den görüleceği üzere ters kökler birim çemberin içinde olduğu için model istikrarlıdır. Modelde otokorelasyonun olup olmadığını belirlemek için seri korelasyon LM testi uygulanmıştır. Test sonuçları Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 4

Seri Korelasyon LM Testi

Gecikme	LRE ist.	df	Olasılık	F-ist.	df	Olasılık
1	18.73705	16	0.2825	1.177220	(16, 440.6)	0.2826

Tablo 4'deki test istatistiğinin olasılık değeri 0.28 bulunduğu için otokorelasyon yoktur hipotezi geleneksel önem düzeylerinin tamamında reddedilebilmiştir. Modelde otokorelasyon sorunu yoktur. Diğer taraftan değişen varyans sorunu olup olmadığını görmek için Değişen Varyans (Heteroskedasticity) testi uygulanmıştır. Değişen varyans test sonuçları da Tablo 4'de verilmektedir.

Tablo 5

Değişen Varyans Testi

Chi-sq	df	Olasılık
185.8813	140	0.01

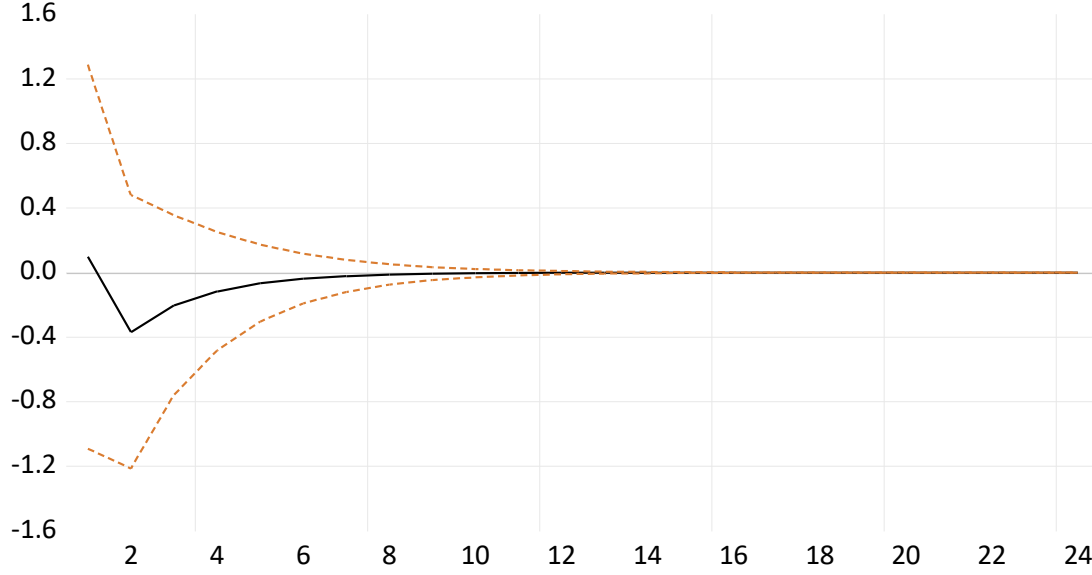
Tablo 5'den görüleceği üzere test istatistiğinin olasılık değeri 0.01 bulunduğu için sabit varyans hipotezi %1 önem düzeyinde reddedilememiştir. Dolayısıyla modelde değişen varyans sorunu yoktur.

Bu çalışmada, değişkenler arasında dinamik ilişkinin yönü ve büyüklüğü hakkında bilgi elde etmek için etki-tepki analizi kullanılmıştır. Çok değişkenli zaman serisi analizinde hata düzeltme terimi itki-tepki analizinin önemli bir parçası olması nedeni ile çalışmaya konu olan değişkenlerin eş-bütünleşik olup olmadığı test edilmelidir (Balcılar vd, 2010). Granger'e (1988) göre değişkenler arasında açıklama gücünün testi zaman serisi modelinde hata düzeltme terimini içermiyorsa yanlış sonuçlara yol açabilir. Tüm serilerde ortak bir stokastik eğilim bulunsa bile, bunların ortak bir stokastik eğilimi paylaşmaları mümkündür; diğer bir deyişle eş-bütünleşiktirler. Fakat bu çalışmada kullanılan değişkenlerin veri setlerine Tablo 1'de verilen ADF birim kök test sonuçları serilerin %10 anlamlılık düzeyinde zayıf anlamda durağan olduğunu göstermesi nedeni ile eş-bütünleşme analizi yapılmamıştır. VAR modelinde gecikme uzunluğunu belirlemek için Akaike bilgi kriteri (AIC) kullanılmaktadır. $p=1$ 'den başlayarak VAR modelinin gecikmesi sırasıyla 10'a kadar artırılmıştır. Tüm gecikmelere ilişkin AIC değerlerin göre belirlenen VAR modelinin en uzun gecikme sırası 1'dir.

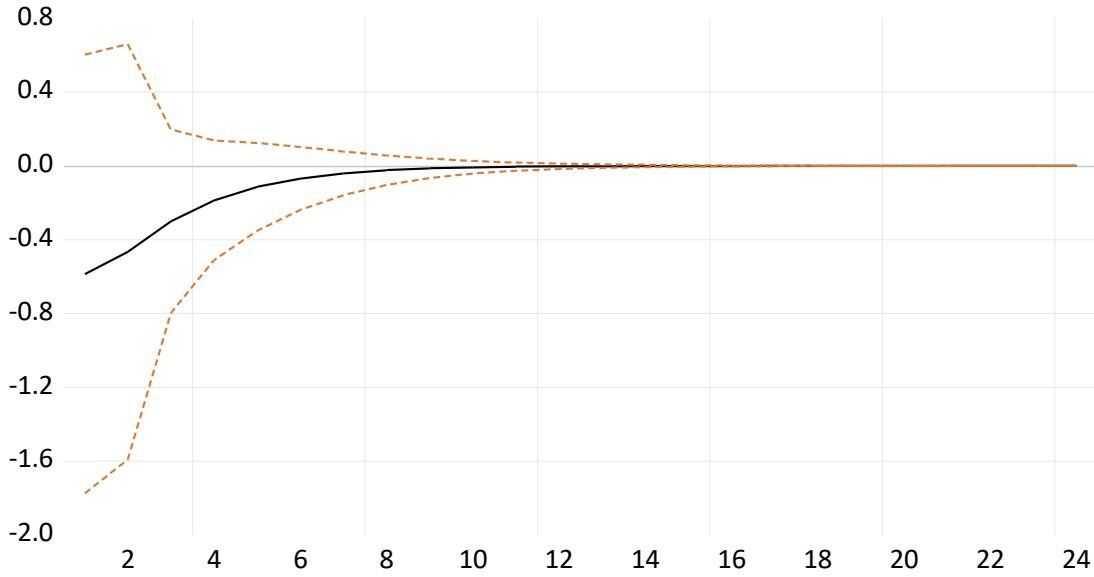
Çalışmada, döviz kuru, büyüme oranı ve Türkiye için WUI serilerin de bir standart sapma yenilik olduğunda Türkiye'nin cari denge değişkeninin bu değişime göstermiş olduğu tepkiyi analiz etmek için VAR modeli için de Pesaran ve Shin (1998) tarafından geliştirilen genelleştirilmiş etki-tepki fonksiyonu (GITF) kullanılmıştır. Bu etki-tepki analizine ilişkin tahmin sonuçları Grafik

2'de verilmiştir. Grafik 2'de orta çizgi etki-tepki tahminlerini, diğer iki çizgi ise %5 güven aralığını göstermektedir.

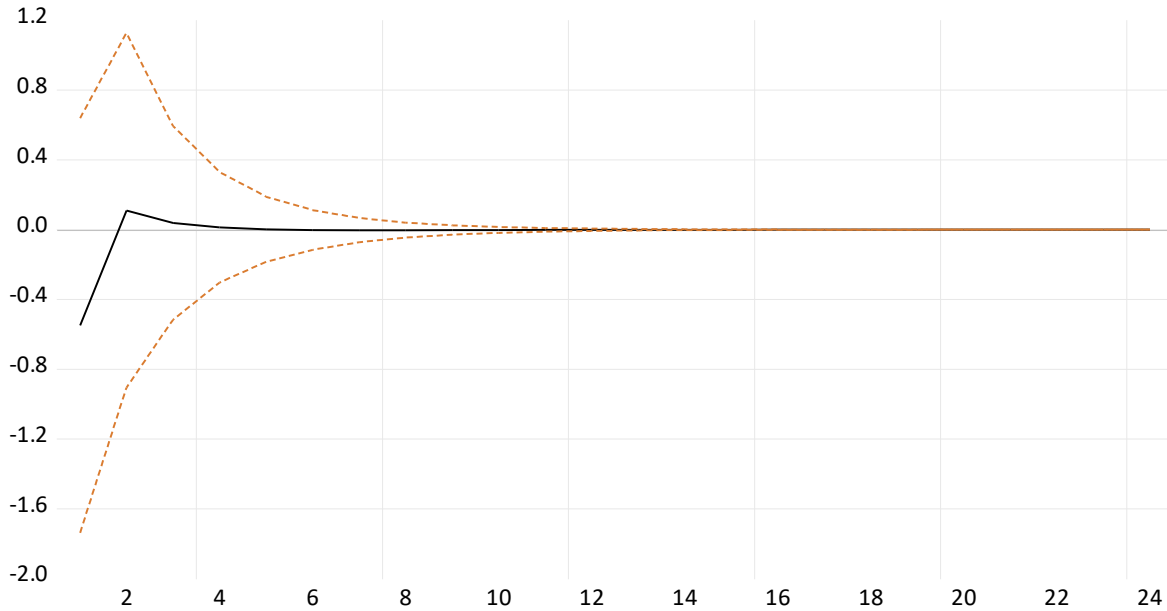
(a) Büyüme oranında bir standart sapma şok olduğunda cari dengenin tepki fonksiyonu.



(b) Döviz kurlarında bir standart sapma şok olduğunda cari dengenin tepki fonksiyonu.



(c) WUI serisinde bir standart sapma şok olduğunda cari dengenin tepki fonksiyonu.



Grafik 2. Türkiye'nin 1984:q2-2023:q3 Dönemine İlişkin Döviz Kuru Büyüme Oranı, Ekonomik Büyüme Oranı ve Türkiye için WUI Serilerinde Bir Standart Sapma Şok Karşında Cari Denge Büyüme Oranı Serisinin Bu Değişime Göstermiş Olduğu Tepki Tahmin Sonuçları

Grafik 2'nin panel(a) kısmı, büyüme oranında bir standart sapma şok olduğunda cari dengenin tepki fonksiyonu tahmin sonucunu göstermektedir. Tahmin sonuçları, büyüme oranındaki değişim karşısında cari denge serisinin başlangıçta ortalama 4 çeyrek boyunca ters yönde anlamlı olarak tepki verdiği ve 5-inci dönem sonrasında da şokun cari denge üzerindeki etkisinin ortadan kaybolduğu görülmektedir. Panel (b)'de verilen tahmin sonuçları panel (a) verilen sonuçlardan kısmen farklılık göstermekle beraber benzer sonuçların olduğu ifade edilebilir. Daha açık olarak döviz kurunda ortaya çıkan şokların cari denge serisi üzerinde ilk 5 dönem boyunca anlamlı bir negatif etki gözlenirken 5-inci dönem sonrasında şokların etkisinin cari denge değişkeni üzerinde etkisinin kalmadığı açıktır. Son olarak, panel (c)'de Türkiye için hesaplanan WUI serisinde ortaya çıkan şokun cari denge serisinde de çok anlamlı olmamakla beraber ilk iki dönem de negatif etkiye sahip olduğu sonraki dönemlerde bu şokun cari denge üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığı açıkça bellidir.

6. Sonuç

Araştırmanın tahmin sonuçlarına göre döviz kurlarındaki değişimin cari hesap dengesi üzerindeki kısa dönem etkilerinin iyileştirme yönünde olduğu görülmektedir. Buradan da

Türkiye’de makroekonomik teoriye uygun olarak kısa dönemde reel döviz kurlarının ithalatı azaltıcı ve ihracatı artırıcı etkisi olduğu söylenebilir. Ancak reel döviz kurlarının cari hesap üzerinde uzun dönem etkisi gözlenmemektedir. Aynı şekilde bu araştırma da cari denge üzerindeki etkisini merak edilen Türkiye için Dünya Belirsizlik Endeksi değişkeninin Türkiye’nin cari dengesi üzerinde etkileri bulunamamıştır. WUI, küresel ekonomik ve politik belirsizliklerin ölçülmesi amacıyla oluşturulmuş bir göstergedir. Bu endeks, ülkelerin ekonomik performanslarını ve makroekonomik dengelerini etkileyebilecek belirsizlikleri yansıtır. WUI’nın ekonomik göstergeler üzerindeki etkileri üzerine yapılan araştırmalar, belirsizliklerin ekonomik büyüme, yatırım ve ticaret hacmi gibi makroekonomik değişkenler üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermektedir (Tombak, 2024). Ancak, bu çalışmada, WUI’nın cari denge üzerindeki etkilerinin sınırlı olduğu bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre, WUI’nın Türkiye’nin cari dengesi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunamamıştır. Bu durum, belirsizliklerin Türkiye’nin dış ticaret dengesi ve sermaye hareketleri üzerinde doğrudan bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Ancak, belirsizliklerin dolaylı etkileri göz ardı edilmemelidir. Örneğin, belirsizliklerin yatırım ve tüketim kararlarını etkileyerek ekonomik büyümeyi baskılayabileceği ve dolayısıyla cari dengeyi dolaylı olarak etkileyebileceği de değerlendirilmelidir.

Bu çalışma, WUI’nın Türkiye’nin cari dengesi üzerindeki doğrudan etkilerinin sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, belirsizliklerin dolaylı etkileri göz önünde bulundurularak, ekonomik politikaların belirsizlikleri azaltmaya yönelik olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda, Türkiye’nin ekonomik istikrarını koruyabilmesi için belirsizlikleri minimize edecek politikaların geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmamızda en azından kısa dönemde geleneksel öğretiyeye uygun olarak cari işlemler dengesi milli gelir ve döviz kuru değişkenlerince belirlenmektedir. Bilindiği üzere döviz kurlarının ticaret dengesi ve buna bağlı olarak cari hesap dengesi üzerinde önemli etkileri söz konusudur. Aşırı değerli para birimi ithalatı daha ucuz hale getirmektedir. Diğer taraftan ihraç mallarının rekabet gücünü ise azaltmaktadır. Böylece cari işlemler açığı genişler veya fazlası azalır.

Birçok araştırma (Gül (2018) ; Güler (2021)), bu çalışmadaki bulgularımıza paralel olarak, reel döviz kurlarının ithalatı azaltıcı ve ihracatı artırıcı etkilerini makroekonomik teoriye uygun olarak desteklemektedir. Bilindiği üzere Marshall-Lerner koşulu, J eğrisi hipotezi ve Mundell-

Fleming modeli Keynesyen gelir-harcama modeli ile tutarlı olarak döviz kurlarındaki ve milli gelirdeki değişmelerle de ithalat ve ihracattaki değişmeleri ilişkilendirmektedir.

Diğer taraftan cari hesap ile döviz kurları arasındaki ilişkiyi veren grafik incelendiğinde, ortaya çıkan sonucun J-eğrisi argümanını destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Diğer bir deyişle döviz kurlarındaki değişmelerin cari hesap üzerindeki olumlu etkisi yaklaşık 4-5 dönem sonra ortaya çıkmaktadır. Diğer değişkenler birlikte ele alındığında, çalışmamızda yer verdiğimiz bağımsız değişkenlerin cari hesap dengesi üzerinde uzun dönem etkilerinin ortadan kalktığı gözlemlenmektedir. Dolayısıyla cari işlemler dengesinin uzun dönem dinamiklerinin farklı olduğu söylenebilmektedir. Türkiye'nin dışa açıklığının derecesi ve dolayısıyla küresel konjonktür ile iç ekonomik ve politik süreçler uzun dönemde daha belirleyici olmaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Etik komite onayı ve/veya yasal/özel izin gerektirmeyen bu çalışma, araştırma ve yayın etiğine uygundur.

Araştırmacının Katkı Oranı Beyanı

Yazar makalenin tek yazarı olduğu için katkı oranı %100'dür.

Araştırmacının Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

- Ahiadorme, J. W. (2022). On the aggregate effects of global uncertainty: Evidence from an emerging economy. *South African Journal of Economics*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/saje.12309>
- Ahir, H., Bloom, N., & Furceri, D. (2022). *The world uncertainty index* (NBER Working Paper Series 29763). National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w29763>
- Akgül, İ., & Özdemir, S. (2014). Modelling and forecasting of Turkey current account imbalance with threshold autoregressive models. *Journal of Business Economics and Finance*, 3(2), 207–232.
- Amiti, M., & Weinstein, D. E. (2011). Exports and financial shocks. *The Quarterly Journal of Economics*, 126(4), 1841–1877.
- Aytaç, I. A., Rankin, B. H., & İbikoğlu, A. (2015). The social impact of the 2008 global economic crisis on neighborhoods, households, and individuals in Turkey. *Social Indicators Research*, 124(1), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11205-014-0769-5>
- Bachmann, R., Elstner, S., & Sims, E. R. (2013). Uncertainty and economic activity: Evidence from business survey data. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 5(2), 217–249.
- Baker, S. R., Bloom, N., & Davis, S. J. (2016). Measuring economic policy uncertainty. *Quarterly Journal of Economics*, 131(4), 1593–1636. <https://doi.org/10.1093/qje/qjw024>
- Balcilar, M., Ozdemir, Z. A., & Arslanturk, Y. (2010). Economic growth and energy consumption causal nexus viewed through a bootstrap rolling window. *Energy Economics*, 32(6), 1398–1410.
- Bernanke, B. S. (1983). Irreversibility, uncertainty, and cyclical investment. *Quarterly Journal of Economics*, 98(1), 85–106.
- Biol, Ö. H. (2011). The effects of the global economic crisis on Turkey's economy and the recent tilt in her international relations. *International Journal of Business and Management Studies*, 3(2), 227–236.
- Bloom, N. (2009). The impact of uncertainty shocks. *Econometrica*, 77(3), 623–685. <https://doi.org/10.3982/ECTA6248>
- Born, B., Breuer, S., & Elstner, S. (2014). *Uncertainty and the Great Recession* (Arbeitspapier No. 04/2014). Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung.
- Carriero, A., Clark, T. E., & Marcellino, M. (2016). *Measuring uncertainty and its impact on the economy* (Federal Reserve Bank of Cleveland Working Paper No. 16-22). <https://www.clevelandfed.org/en/research/research-output/working-papers/2016-working-papers/wp-1622-measuring-uncertainty-and-its-impact-on-the-economy>

- Chinn, M. D., & Prasad, E. S. (2003). Medium-term determinants of current accounts in industrial and developing countries: An empirical exploration. *Journal of International Economics*, 59(1), 47–76.
- Claveria, O. (2022). *Modelling the dynamic interaction between economic uncertainty, growth, unemployment and suicide* (Research Institute of Applied Economics Working Paper 09). https://www.ub.edu/irea/working_papers/2022/202209.pdf
- Cömert, H., & Uğurlu, E. N. (2016). The impacts of the 2008 global financial crisis on developing countries: The case of the 15 most affected countries. In *The global south after the crisis* (pp. 3–39). Edward Elgar Publishing.
- Davis, S. J. (2016). An index of global economic policy uncertainty. *Macroeconomic Review*, October, 103–108. <http://www.nber.org/papers/w22740>
- Eaton, J., Kortum, S., Neiman, B., & Romalis, J. (2016). Trade and the global recession. *American Economic Review*, 106(11), 3401–3438.
- Eren, O., & Tuzun, G. (2019). *Cyclically adjusted current account balance of Turkey* (Working Papers 1934). Research and Monetary Policy Department, Central Bank of the Republic of Turkey.
- Girardi, A., & Reuter, A. (2017). New uncertainty measures for the Euro area using survey data. *Oxford Economic Papers*, 69(1), 278–300. <https://doi.org/10.1093/oep/gpw058>
- Gomez, V., & Maravall, A. (1997). *Programs TRAMO and SEATS: Instructions for the user*. Banco de España.
- Gül, S. (2018). Türkiye’de reel kur hareketlerinin ihracat üzerindeki asimetric etkileri. *TCMB Araştırma Yayınları* 18/12. <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Yayinlar/Arastir ma+Yayinlari/Calisma+Tebliğleri/2018/18-12>
- Güler, A. (2021). Reel döviz kuru şoklarının ihracat ve dış ticaret dengesi üzerindeki asimetric etkileri: Türkiye için NARDL yaklaşımından kanıtlar. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(2), 950–970. <https://doi.org/10.33206/mjss.869125>
- Hossain, R., Das, S., & Roy, D. (2024). The world uncertainty index and the macroeconomic indicators: A case for India. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(5), 5719–5731. <https://doi.org/10.53555/kuey.v30i5.3846>
- Istiak, K., & Serletis, A. (2018). Economic policy uncertainty and real output: Evidence from the G7 countries. *Applied Economics*, 50(39), 4222–4233. <https://doi.org/10.1080/00036846.2018.1441520>
- Jiao, Y., & Wen, Y. (2012). *Capital, finance, and trade collapse* (Federal Reserve Bank of St. Louis Working Paper No. 2012-003A). <http://research.stlouisfed.org/wp/2012/2012-003.pdf>

- Jurado, K., Ludvigson, S. C., & Ng, S. (2015). Measuring uncertainty. *The American Economic Review*, 105(3), 1177–1216. <https://www.jstor.org/stable/43495414>
- Kara, H., & Sarıkaya, Ç. (2023). *Current account balance and external adjustment in Türkiye* (Koç University-TÜSİAD Economic Research Forum Working Paper Series No. 2306). <https://erf.ku.edu.tr/wp-content/uploads/2023/06/2306.pdf>
- Knight, D. S., Portugal-Perez, A., & Nedeljkovic, M. (2019). *Turkey: An empirical assessment of the determinants of the current account balance* (World Bank Policy Research Working Paper No. 8982). <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/8982>
- Kozeniauskas, N., Orlik, A., & Veldkamp, L. (2018). What are uncertainty shocks? *Journal of Monetary Economics*, 100, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2018.06.004>
- Long, W., Li, N., Wang, H., & Cheng, S. (2012). Impact of US financial crisis on different countries: Based on the method of functional analysis of variance. *Procedia Computer Science*, 9, 1292–1298.
- Mankiw, N. G. (2007). *Macroeconomics* (6th ed.). Worth Publishers.
- Sadikua, L., Fetahi-Vehapia, M., Sadikub, M., & Berishac, N. (2015). The persistence and determinants of current account deficit of FYROM: An empirical analysis. *Procedia Economics and Finance*, 33, 90–102.
- Schmitt-Grohé, S., Uribe, M., & Woodford, M. (2022). *International macroeconomics: A modern approach*. Princeton University Press. <https://books.google.com.tr/books?id=ptvWzgEACAAJ>
- Scotti, C. (2016). Surprise and uncertainty indexes: Real-time aggregation of real-activity macro surprises. *Journal of Monetary Economics*, 82, 1–19.
- Sorić, P., & Lolić, I. (2017). Economic uncertainty and its impact on the Croatian economy. *Public Sector Economics*, 41(4), 443–477.
- Shinohara, T., Okuda, T., & Nakajima, J. (2020). *Characteristics of uncertainty indices in the macroeconomy* (Bank of Japan Working Paper Series No. 20-E-6). https://www.boj.or.jp/en/research/wps_rev/wps_2020/wp20e06.htm/
- Terry, S., Bloom, N., Davis, S., & Baker, S. (2020). COVID-induced economic uncertainty and its consequences. *VoxEU.org*. <https://cepr.org/voxeu/columns/covid-induced-economic-uncertainty-and-its-consequences>
- TCMB. (2003, 2006, 2008, 2012, 2016, 2017). *Ödemeler dengesi raporu*. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası. <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Yayinlar/Raporlar/Eski+Raporlar/Odemeler+Dengesi+ve+Uluslararası+Yatırım+Pozisyonu+Raporu/2003>

-
- Tombak, F. (2024). Dünya belirsizlik indeksi altında Türkiye ticaret dengesi: Bir Markov rejim değişim analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 20(3), 687–705. <https://doi.org/10.17130/ijmeb.1445457>
- Zanghieri, P. (2004). *Current accounts dynamics in new EU members: Sustainability and policy issues* (CEPII Working Paper No. 2004-07). http://www.cepii.fr/PDF_PUB/wp/2004/wp2004-07.pdf

EXTENDED ABSTRACT

The 2008 Global Financial Crisis, which began with the US economy entering a recession, had a profound impact on global economies. While the crisis had a limited effect on countries like Poland and Slovakia, nations such as Germany, Austria, Belgium, and the Netherlands managed to recover relatively quickly from the global shock. However, in many countries, particularly the US, the economic recovery was short-lived, and a recession re-emerged in the last quarter of 2011. During this period, Turkey was recognized as one of the fastest-recovering countries from the crisis. Considering the impact of economic uncertainty on the business cycle, this study examines the extent to which economic uncertainty can be used as an indicator to explain the current account balance.

A country's balance of payments consists of four main components: the current account balance, the capital account, the net errors and omissions account, and official reserves. The current account balance reflects the difference between exports and imports of goods and services, net income from abroad, and net current transfers. The trade balance summarizes the mutual trade of goods between countries and is an important subcategory of the current account balance. The current account balance is a function of exchange rates and national income. The capital account, on the other hand, is a function of domestic and foreign interest rates.

Recent research delves into the impact of economic uncertainty on business cycles. Understanding this relationship is crucial for developing effective economic policies and strategies. This study evaluates the usability of economic uncertainty as an indicator for explaining the current account balance. The time series analysis, covering the period from the second quarter of 1984 to the third quarter of 2023, uses variables such as Turkey's Current Account Balance, GDP Growth Rate, Real Exchange Rates, and the World Uncertainty Index for Turkey. The results indicate that GDP growth rate and changes in Real Exchange Rates have a decisive impact on the Current Account Balance. However, the effect of the World Uncertainty Index on the Current Account Balance could not be determined. This finding underscores the complexity of the relationship between economic uncertainty and the current account balance.

The World Uncertainty Index (WUI) is a key measure of global economic uncertainty. Studies have shown its significant impact on various economic indicators. Knight et al. (2019) found that global uncertainty levels significantly affect Turkey's current account balance. Hossain

et al. (2024) identified a positive correlation between the WUI and India's growth rate. Schmitt-Grohé et al. (2022) examined the effects of uncertainty on consumption, savings, trade balance, and the current account.

The literature highlights the intricate relationship between the WUI and the current account balance. Chinn and Prasadi (2003) found that the current account balance is positively correlated with the government budget balance and the initial stocks of net foreign assets. Zanghieri (2004) underscored the significant role of foreign direct investment in the current account. Born et al. (2014) investigated the effects of uncertainty shocks on US GDP and unemployment. Sadikua et al. (2015) analyzed the relationship between current account deficits and various macroeconomic indicators in the Macedonian economy. Carriero et al. (2016) employed a VAR model to measure the impact of uncertainty on the economy.

The World Uncertainty Index (WUI), prepared by The Economist Intelligence Unit, is based on political and economic uncertainties found in quarterly country economic reports. Spanning from 1955 to the present, it serves as a tool to track changes in global economic uncertainties over time. The Economic Policy Uncertainty (EPU) Index is derived from archives of media reports on economic uncertainty from the top 10 newspapers in the United States, federal tax code provisions, and responses from the Survey of Professional Forecasters. However, since EPU index data for Turkey is unavailable, this study utilizes the World Uncertainty Index (WUI) for Turkey, obtained from the Federal Reserve Bank of St. Louis (FRED) website.

This study utilizes multivariate time series analysis to investigate the impact of economic uncertainty on Turkey's current account balance. The four variables examined are the Current Account Balance, Growth Rate, Exchange Rate Change, and the World Uncertainty Index (WUI) for Turkey. The data, sourced from the Federal Reserve Bank of St. Louis database, were seasonally adjusted. ADF unit root tests were conducted to determine the stationarity of the time series data. VAR was employed to analyze the linear dependencies among the variables, and the Akaike Information Criterion (AIC) was used to determine the optimal lag length. Impulse-response analysis was applied to assess the direction and magnitude of the dynamic relationships between the variables.

In the early 1990s, Turkey experienced an economic revival as the significant depreciation of the Turkish Lira improved the current account balance and increased the growth rate. However,

by the late 1990s, the economy had entered another recession. In 2002, exports rose by 30% and imports by 33.3%, resulting in a current account deficit of \$6.8 billion. Growth rates declined during 2002-2003 due to the Iraq war and the SARS outbreak. In 2004, reduced uncertainty led to accelerated growth. Since 2005, growth rates have been declining, a trend that persisted through the 2008 crisis. During this period, exchange rates and the current account balance remained relatively stable. Turkey's current account balance has generally shown a deficit, with significant deficits in 2004-2005, attributed to the excessive appreciation of the exchange rate.

Due to the global contraction, Turkey's current account deficit turned negative in 2008. While external demand remained weak during 2009-2010, domestic demand revived. By the end of 2010, the trade deficit had reached \$56.4 billion. The current account deficit showed a decreasing trend from 2012 to 2015. However, in 2017, the current account balance gradually deteriorated. During the 2019 pandemic, the current account deficit increased, the Turkish Lira depreciated, and growth slowed. However, no significant change was observed in the uncertainty index.

This study employs impulse-response analysis to understand the direction and magnitude of the dynamic relationships between variables. The results clearly indicate that the GDP growth rate and changes in the Real Exchange Rate are the primary determinants of Turkey's Current Account Balance during the examined period. However, the impact of the World Uncertainty Index on Turkey's Current Account Balance could not be determined.



Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 287-315, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 02.12.2024 Accepted / Kabul: 22.01.2025

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1594825>

Konum ve Rota Planlamasında Esneklik Arayışı: Alternatif Yolları Dikkate Alan Konum Rotalama Problemi

Ergül Kısa TOĞRUL^a

^a Arş. Gör. Dr., Hitit Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Çorum, TÜRKİYE <https://orcid.org/0000-0002-7755-5173>

Öz

Konum Rotalama Problemi (KRP), lojistik ve tedarik zinciri yönetiminde önemli bir optimizasyon problemidir. Bu problem, dağıtım ve depolama süreçlerini etkileyen bir dizi faktörü birleştirerek, maliyetlerin azaltılması ve operasyonel verimliliğin artırılmasını hedeflemektedir. Çalışmanın amacı, dağıtım ağında meydana gelebilecek herhangi bir aksaklığa karşı operasyonları olabildiğince az etkileyecek ve teslimatları aksatmayacak esnek bir modelleme yaklaşımının önerilmesidir. Bu bağlamda, toplam maliyeti minimize etmek amacıyla depo konumlarını ve araç rotalarını optimize etmeye yönelik, düğümler (depolar ve müşteriler) arasında alternatif yolların hesaba katıldığı, Çoklu Grafikte Konum Rotalama Problemi (ÇG-KRP) ele alınmıştır. Problemin çözümü için Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama (KTDP) modeli önerilmiştir. Matematiksel modelin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla iki ayrı veri seti türetilmiş ve optimum sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, dağıtım ağında alternatif yolların dikkate alınmasının çözümler üzerindeki etkisini incelemek amacıyla duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Alternatif yolları dikkate almanın daha fazla çözüm süresi gerektirmesine rağmen optimal çözümler elde edilmesinde modele esneklik kazandırabileceği ve toplam maliyeti azaltabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Lojistik,
Maliyet,
Rotalama,
Konum Rotalama
Problemi,
Çoklu Grafik

JEL Kodu

C02, C61, L91

İletişim Ergül Kısa TOĞRUL ✉ ergultogrul@hitit.edu.tr Hitit Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Çorum, TÜRKİYE

Atıf Toğrul E. K. (2025). Konum ve rota planlamasında esneklik arayışı: alternatif yolları dikkate alan konum rotalama problemi. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 287-315.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

The Search for Flexibility in Location and Route Planning: Location Routing Problem Considering Alternative Paths

Abstract

Location Routing Problem (LRP) is an important optimization problem in logistics and supply chain management. This problem aims to reduce costs and increase operational efficiency by combining a number of factors affecting distribution and storage processes. The goal of the study is to propose a flexible modeling approach that minimizes the impact of any disruptions in the distribution network, ensuring that operations are affected as little as possible and deliveries are not disrupted. In this context, the Multi Graph Location Routing Problem (MG-LRP) is considered, which takes into account alternative paths between nodes (warehouses and customers) to optimize warehouse locations and vehicle routes in order to minimize the total cost. A Mixed Integer Linear Programming (MILP) model is proposed for the problem. In order to demonstrate the applicability of the mathematical model, two separate data sets were derived and optimum results were obtained. Furthermore, sensitivity analyses are conducted to examine the impact of considering alternative routes on the solutions. It has been concluded that, although considering alternative routes requires more solution time, it can provide flexibility to the model in obtaining optimal solutions and reduce the total cost.

Keywords

Logistics,
Cost,
Routing,
Location Routing
Problem,
Multi Graph

JEL Classification

C02, C61, L91

1. Giriş

Tedarik zincirinin bir parçası olan dağıtım, bir ürünün üreticiden nihai tüketiciye ulaşmasını sağlayan en kritik aşamalardan biridir. Dağıtım, sadece bir ürünün fiziksel olarak taşınması değil, aynı zamanda müşteri memnuniyetini artırmak, maliyetleri azaltmak, rekabet avantajı sağlamak, sürdürülebilirliği desteklemek için stratejik bir unsurdur. Bu bağlamda, işletmeler etkin ve iyi planlanmış bir dağıtım ağına ihtiyaç duymaktadırlar. Konum ve araç rotalama kararları, dağıtımın verimliliğini büyük ölçüde etkileyen ve birçok gerçek yaşam durumunda ortaya çıkan iki problem türüdür (Tadaros & Migdalas, 2022).

Tesis Konum Problemi (TKP) ve Araç Rotalama Problemi (ARP) iki farklı karar seviyesini içermektedir. TKP, kararların genellikle uzun vadeli bir süre için geçerli olduğu stratejik karar düzeyine aitken; ARP kısa bir süre için geçerli olan, haftalık hatta günlük olarak değiştirilen taktiksel veya operasyonel karar düzeyine aittir (Salhi & Nagy, 1999). TKP ve ARP geçmişte öncelikle tesislerin konumunun belirlenmesi ve daha sonra araç rotalarının planlanması yoluyla ayrı ayrı çözülmekteyken (Mara vd., 2021; Lopes vd., 2013), zamanla bu geleneksel yaklaşımların birbiriyle oldukça bağlantılı oldukları fark edilmiş ve ayrı problem türleri olarak ele alınmasının optimal olmayan sonuçlara yol açtığı gözlemlenmiştir (Salhi & Rand, 1989). Mevcut bir dağıtım ağında yer alan tesislerin konumlarında yapılan değişiklik, yeni bir dağıtım planını gerektirebilmektedir. Bu bağlamda, fabrika, depo, çapraz-sevkiyat noktaları vb. tesislerin konumu,

tesisler ile çeşitli talep noktaları arasındaki dağıtım yollarının tasarımını büyük ölçüde etkileyebilmektedir (Tadaros & Migdalas, 2022). Günümüzde bu entegre yaklaşım TKP'yi çözmeyi hedeflerken aynı zamanda bir ARP'yi de çözen KRP olarak bilinmektedir (Nagy & Salhi, 2007; Prodhon & Prins, 2014).

KRP, lojistikteki iki temel planlama kararını birleştiren bir matematiksel optimizasyon problemidir. Problemden aşağıdaki kararlar birbirine bağlı olarak verilmektedir (Drexl & Schneider, 2015; Schneider & Drexl, 2017):

- i. Belirli bir amaç için sonlu veya sonsuz potansiyel tesisler arasından hangileri kullanılmalıdır?
- ii. Hangi araç rotaları oluşturulmalıdır? Diğer bir deyişle, hangi müşteri kümeleri oluşturulmalı ve belirli bir hizmeti gerçekleştirmek üzere her kümedeki müşteriler belirli bir filodaki araç tarafından hangi sırayla ziyaret edilmelidir?

Klasik KRP olarak bilinen Kapasiteli KRP (K-KRP)'de tesisler homojen bir araç filosunu paylaşmaktadırlar. Hangi tesislerin açılması, her müşteriye hangi depodan hizmet verilmesi gerektiği belirlenerek ve tüm müşterilere hizmet verecek güzergahlar tasarlanarak çözüm elde edilmektedir. Ayrıca, çeşitli kısıtların da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu kısıtlar, tesis ve araçların belirli kapasiteleri olduğunu ifade etmektedir. Diğer bir deyişle, bir tesise tahsis edilen müşterilerin toplam talebi, tesisin kapasitesini aşmamalıdır. Benzer şekilde, bir araçla hizmet verilen müşterilerin toplam talebi de aracın kapasitesini geçmemelidir. Her araç en fazla bir rota gerçekleştirmekte, bölünmüş teslimatlara izin verilmemekte, her araç rotasını aynı tesiste başlatmakta ve bitirmektedir. KRP'nin, atık yönetimi, afet yardımı, bozulabilir ürün tedarik zinciri, envanter, tersine lojistik, posta hizmetleri vb. alanlarda uygulamaları bulunmaktadır (Tadaros & Migdalas, 2022).

Literatürdeki rotalama problemlerinde dağıtım ağları genellikle ardışık iki düğüm arasında tek bir yayın bulunduğu basit bir grafik olarak ele alınmaktadır. Grafiğin her yayı, olası bir başlangıç-variş bağlantısı için en kısa yolu (mesafe veya süre cinsinden) temsil etmektedir (Garaix vd., 2010; Setak vd., 2015). Ancak, gerçek yaşam uygulamalarında özellikle kentsel alanlarda, bir noktadan diğer bir noktaya ulaşmanın mümkün olduğu alternatif yollar bulunabilmekte ve kimi yollar trafik kazası, trafik sıkışıklığı, yol çalışması vb. sebeplerden dolayı kapanabilmektedir. Öte yandan, bazı yollar geçiş ücreti gibi ekstra maliyetler içerebilmektedir. Ayrıca, en kısa yol her

zaman en az süreli yol anlamına gelmemektedir. Örneğin, bir noktadan diğer bir noktaya şehir içinden veya çevre yolundan farklı mesafe ve sürelerde erişim sağlanabilmektedir. Erişim çevre yolundan daha uzun mesafeli olmasına rağmen daha kısa sürede sağlanabilmektedir. Böylesi durumlarda yalnızca en kısa yolun dikkate alınması diğer bir deyişle problemin basit bir grafik olarak ele alınması, çözüm uzayının daralmasına, çözüm kalitesinin düşmesine ve dolayısıyla maliyeti abartılmış çözümlere veya uygun bir çözümün olmadığına yönelik hatalı bir sonuca ulaşmaya yol açabilmektedir (Ticha vd., 2017; Ticha vd., 2018). Bu bağlamda, dağıtım ağında esnekliğe ihtiyaç duyulabilmektedir. Esneklik, bu tür beklenmeyen durumlarla başa çıkabilmek için alternatif rotaların kullanılmasına olanak tanımaktadır. Böylece, operasyonlar daha az etkilenmekte, teslimatlar zamanında ve verimli bir şekilde yapılabilmektedir.

Söz konusu sorunu ele almak için çoklu grafik gösterimi adı verilen alternatif bir modelleme yaklaşımını öneren ilk yazarlar Baldacci vd. (2006) ve Garaix vd. (2010)'dur (Ticha vd., 2019b). Bu çalışmaların ardından alternatif yolların dikkate alınmasının etkileri kimi yazarlar tarafından araştırılmış ve bu sayede önemli tasarruflar sağlanabildiği sonucuna ulaşılmıştır. Lai vd. (2016)'nın çalışmasında, özellikle ürünlerin müşterilere kısıtlı bir süre içinde teslim edilmesi gerektiğinde, alternatif rota yapısının kullanılmasıyla ulaşım maliyetlerinde önemli tasarruflar elde edilebileceği gösterilmiştir. Huang vd. (2017), yol esnekliğinin dikkate alınması ile maliyet ve yakıt tüketimi açısından önemli tasarruflar elde edilebildiğini göstermiştir. Patoghi vd. (2017)'nin çalışmasında çoklu grafik varsayımının daha az emisyon maliyeti, seyahat süresi ve sürücü sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Tikani & Setak (2019), problemin çoklu grafik ağı üzerinde incelenmesi ile amaç fonksiyonunda %4'e kadar bir azalma gözlemlenmiştir. Soriano vd. (2020), Viyana'daki gerçek yaşam örneği üzerinde yaptıkları analiz sonucunda çoklu grafik yöntemi ile önemli seviyede mesafe tasarrufuna ulaşılmıştır.

Literatürde rotalama problemlerinde çoklu grafik ağının dikkate alındığı çalışmalar oldukça sınırlı sayıda ve genellikle ARP üzerinedir. Yapılan detaylı literatür incelemesinde alternatif yolların dikkate alındığı herhangi bir KRP çalışmasına rastlanılmamıştır. KRP, araç rotalarına kıyasla değiştirmesi daha zor uzun vadeli stratejik kararlar içermekte ve planlamada daha çok bilginin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Dağıtım ağında meydana gelebilecek herhangi bir aksaklığa karşı operasyonları olabildiğince az etkileyecek ve teslimatları aksatmayacak bir çözüm önerisine ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu çalışmada, söz konusu soruna çözüm üretebilmek amacıyla esnek bir modelleme yaklaşımıyla alternatif yolların dikkate alındığı ÇG-KRP için KTDP

modeli önerilmiştir. Problemin amacı, depoların kurulum maliyetini, araçların sabit maliyetini ve araçların değişken maliyetini (seyahat maliyetini) içeren toplam maliyeti minimize edecek konum ve rota kararlarının verilmesidir. Modelin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla iki farklı veri seti üretilmiş ve optimal çözümler elde edilmiştir. Ayrıca, alternatif yolların dikkate alınmamasının optimal çözüm değerleri üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla iki adet senaryo üzerinden duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışma beş bölüm içermektedir. Çalışmanın ikinci bölümünde KRP ve çoklu grafikte rotalama problemine yönelik literatür incelemesine yer verilmektedir. Üçüncü bölümde, ÇG-KRP için problem tanımı ve matematiksel modeli gösterilmektedir. Modelin uygulanmasında kullanılan veri seti, sayısal sonuçlar ve duyarlılık analizleri dördüncü bölümde sunulmaktadır. Son bölümde, çalışmanın sonuçlarından bahsedilmektedir.

2. İlgili Literatür İncelemesi

Bu çalışmada, ÇG-KRP olarak adlandırılan problem üzerinde durulmaktadır. Literatürde KRP'yi ele alan birçok çalışma yer alsa da ÇG-KRP üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Söz konusu problem, KRP ile çoklu grafikte rotalama problemlerini içerdiğinden, her iki probleme yönelik literatürdeki çalışmalardan bahsedilmekte, literatürdeki boşluğu doldurmak amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmanın önemi ortaya konmaktadır.

Alternatif yolların dikkate alındığı diğer bir deyişle çoklu grafikteki rotalama çalışmalarının araştırılmasında “Web of Science” ve “Google Akademik” veri tabanları kullanılmıştır. Konu ile ilgili çalışmaların taranmasında “*Çoklu Grafikte Rotalama Problemi (Routing Problem in Multigraph)*”, “*Çoklu Grafikte Araç Rotalama Problemi (Vehicle Routing Problem in Multigraph)*”, “*Çoklu Grafikte Konum Rotalama Problemi (Location Routing Problem in Multigraph)*”, “*Çoklu Grafikte ARP (VRP in Multigraph)*”, “*Çoklu Grafikte KRP (LRP in Multigraph)*”, “*Rotalama Probleminde Patika Seçimi (Path Selection in Routing Problem)*”, “*Araç Rotalama Problemi'nde Patika Seçimi (Path Selection in Vehicle Routing Problem)*”, “*Konum Rotalama Problemi'nde Patika Seçimi (Path Selection in Location Routing Problem)*”, “*ARP'de Patika Seçimi (Path Selection in VRP)*”, “*KRP'de Patika Seçimi (Path Selection in LRP)*”, “*Alternatif Patikalı (Yollu) Rotalama Problemi (Routing Problem with Alternative Paths)*”, “*Alternatif Patikalı (Yollu) Araç Rotalama Problemi (Vehicle Routing Problem with Alternative Paths)*”, “*Alternatif Patikalı (Yollu) Konum Rotalama Problemi (Location Routing Problem with Alternative Paths)*”, “*Alternatif Patikalı (Yollu)*

ARP (VRP with Alternative Paths), Alternatif Patikalı (Yollu) KRP (LRP with Alternative Paths)” anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Ayrıca, konu ile ilgili ulaşılan çalışmaların kaynakçaları ve bu çalışmalara atıfta bulunan çalışmalar incelenmiştir. Toplamda 33 çalışmaya erişim sağlanmıştır.

K-KRP, belirli bir dizi önceden tanımlanmış depo konumunda bir veya daha fazla depo açmayı ve açılan her depo için belirli bir müşteri talebini karşılamak amacıyla bir dizi rota tasarlamayı içermektedir. Her depoya yönelik depo açma ile ilgili sabit bir maliyet ve müşterilere teslim edilebilecek miktarı sınırlayan bir kapasite bulunmaktadır. Problemin amacı, depoların açılması için gereken sabit maliyetler ile depo(lar)dan yönlendirilen güzergahların maliyetlerinin toplamını en aza indirmektir (Baldacci vd., 2011).

Geçmişte konum ve rotalama kararları ayrı ayrı alınmakta iken zamanla bu kararların birbiriyle bağlantılı olduğu keşfedilmiş ve her iki kararın birlikte verilmesine olanak sağlayan KRP literatürde yerini almıştır. Watson-Gandy & Dohrn (1973), depo konumlarını belirlerken müşteri ziyaretlerini açıkça dikkate alan muhtemelen ilk yazarlardır. Depoların konumlandırılmasına araç rotalama kararlarının dahil edilmesinin getirdiği potansiyel faydalar ilk kez Salhi & Rand (1989) tarafından ölçülmüştür. Bu yazarlar, konum ve rota problemlerini ayrı ayrı çözmeyi içeren klasik stratejinin sıklıkla optimal olmayan çözümlere yol açtığını göstermişlerdir. O günden günümüze K-KRP ve versiyonları (örneğin; dinamik KRP, stokastik KRP, ayırık teslimatlı KRP, yeşil KRP, açık KRP, topla-dağıt KRP, çok-kademeli KRP, elektrikli KRP) üzerine birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu problemlerin çözümleri için çeşitli kesin ve sezgisel/metasezgisel çözüm yöntemleri geliştirilmiştir (Prodhon & Prins, 2014).

Laporte vd. (1986) tarafından K-KRP için tamsayı doğrusal programlama modeli önerilmiştir. Albareda-Sambola vd. (2007), potansiyel müşterilerin bir kümesinin verildiği ancak bir muhtemel karar verildikten sonra yalnızca bir alt kümesinin hizmet gerektireceği stokastik bir KRP'yi ele almışlardır. Problemin çözümü için, ilk aşamasında uygun bir çözümün elde edildiği sonrasında ise bu çözümün geliştirildiği, iki aşamalı sezgisel bir yöntem kullanmışlardır. Belenguer vd. (2011), dal-ve-kesme algoritması ile K-KRP üzerine çalışmışlardır. Çalışmada modeli güçlendirmek için geçerli eşitsizliklerden faydalanmışlardır. Nadizadeh & Nasab (2014)'ün müşteri taleplerinin bulanık varsayıldığı çalışmasında dinamik K-KRP'nin çözümü için karma sezgisel algoritma kullanılmıştır. Test problemleri ile yapılan kıyaslamalar algoritmanın etkinliğini ve gerçek hayat problemlerinde kullanılabileceğini göstermiştir. Gao vd. (2016), KRP'de dinamik

çevre koşullarını dikkate almışlar ve problemin çözümü için K-ortalama kümeleme algoritması ile karınca kolonisi algoritmasını birleştirmişlerdir. Akpunar & Akpınar (2021), K-KRP üzerine yapmış oldukları çalışmalarında, uyarlanabilir büyük komşu arama ve değişken komşu arama algoritmalarından oluşan bir karma metasezgisel yöntem önermişleridir. Araghi vd. (2021), yakıt tüketimi ve CO₂ emisyonlarını dikkate alan yeşil stokastik açık KRP için karma doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Küçük, orta ve büyük ölçekli problemlerin çözümü için üç metasezgisel algoritmadan faydalanmışlardır. Talep miktarı, açılacak depo sayısı, depo kapasitesi gibi bazı parametrelerin etkisini incelemek amacıyla duyarlılık analizleri gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca, araç türünün yakıt tüketimi ve CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini irdelemişlerdir. Wang vd. (2021), düşük karbonlu politikaların ayrık teslimatlı KRP üzerindeki etkisi irdelemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada iki seviyeli programlama modeli formüle etmişlerdir. Problemin çözümünde karınca kolonisi optimizasyonu ve tabu arama algoritmalarını içeren karma bir algoritmadan faydalanmışlardır. Aghalari vd. (2023), iklim ve müşteri talebindeki değişkenliğin göz önünde bulundurulduğu, elektrikli araç kullanan teslimat hizmetlerinin rota kararlarını kolaylaştırmak amacıyla şarj istasyonlarının optimum konumu için iki-aşamalı stokastik KRP'yi ele almışlardır. Problemin çözümü için ilerleyici korunma algoritması önermişlerdir. Escobar-Vargas & Crainic (2024)'ün çalışmasında iki-aşamalı bir dağıtım ağında zamana bağlı KRP ele alınmıştır. Problem için karma tamsayı programlama modeli formüle edilmiş ve dinamik ayrıklaştırma keşif tabanlı kesin çözüm yöntemi kullanılmıştır. KRP üzerine yapılan detaylı incelemeler Nagy & Salhi (2007), Prodhon & Prins (2014), Drexl & Schneider (2015), Schneider & Drexl (2017) ve Li vd. (2024)'ün çalışmalarında yer almaktadır.

Söz konusu çalışmaların oldukça sınırlı sayıda ve yalnızca araçların rotalama kararlarının verildiği ARP ve türevleri üzerine oldukları görülmektedir. Bu çalışmalar içerisinde hem konum hem de araçların rota kararlarının alındığı KRP yer almamaktadır. Diğer bir deyişle, literatürdeki çalışmalar yalnızca operasyonel veya taktiksel düzeydeki kısa vadeli araç rotaları kararlarını içermekteyken; bu çalışmada depo konum kararlarını da içeren uzun vadeli stratejik düzeydeki kararlar için de planlama yapılmaktadır. Stratejik kararların değiştirilmesi daha zor ve daha maliyetli olduğundan bu tür kararların verilmesi kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca, KRP ARP'ye göre daha çok karar içerdiğinden modele esneklik kazandırmak hem optimal çözümlerin elde edilmesinde hem de doğru kararların verilmesinde katkı sağlayabilmektedir. Çoklu grafikte

rotalama problemlerini ele alan çalışmalar, problem türleri, çözüm yöntemleri ve amaç fonksiyonları Tablo 1 ile sunulmaktadır.

Tablo 1

Çoklu Grafikte Rotalama Problemleri Üzerine Yapılan Çalışmalar

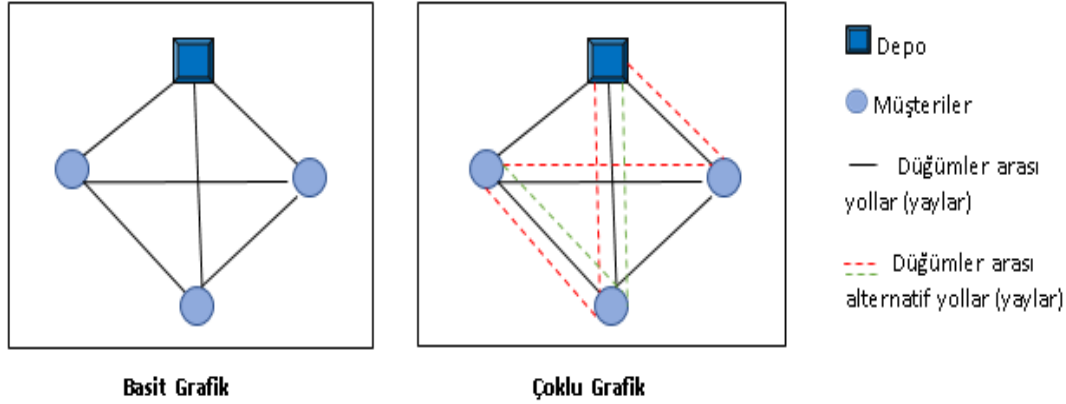
Çalışma	Problem Türü	Çözüm Yöntemi	Amaç Fonksiyonu
Baldacci vd. (2006)	ZP-ARP	SPD-KÇY	Seyahat maliyeti, seyahat süresi
Caramia & Guerriero (2009)	UY-YTP	YAD-SA	Seyahat süresi, seyahat maliyeti
Garaix vd. (2010)	SS-ASP	TSDP, DFA, DP, ES	Seyahat maliyeti, sabit maliyet, seyahat süresi
Wang & Lee (2014)	ZB-ARP	KTP, PSOD-SA	Sabit maliyet, seyahat maliyeti, zaman maliyeti
Setak vd. (2015)	ZB-ARP	KTDP, TAA	Sabit maliyet, zaman maliyeti
Alinaghian & Naderipour (2016)	Y-ZB-ARP	GAA	Yakıt tüketimi
Ehmke vd. (2016)	ZB-ARP	TAA	CO2 emisyonu
Lai vd. (2016)	HARP	KTDP, TAA	Sabit maliyet, seyahat maliyeti
Qian & Eglese (2016)	ZP-ZB-ARP	TAA	CO2 emisyonu
Reinhardt vd. (2016)	ZP-ARP	KTP, DFKA	Seyahat maliyeti
Andelmin & Bartolini (2017)	Y-ARP	KÇA	Mesafe
Androusoopoulos & Zografos (2017)	ZP-ZYPB-ARP	AAVD-SY	Seyahat süresi, yakıt tüketimi
Behnke & Kirschstein (2017)	AS-YS-ARP	KTDP	CO2 emisyonu
Bozkaya vd. (2017)	TD-ZP-KARP	URA	Mesafe, güvenlik riski
Huang vd. (2017)	ZB-ARP	KTP	Yakıt tüketim maliyeti, araç amortisman maliyeti
Liu vd. (2017)	Y-ZP-ARP	KTP	Sürücü maliyeti, yakıt tüketim maliyeti, emisyon maliyeti
Patoghi vd. (2017)	ZB-KRP	KTDP, TAA	Enerji maliyeti, sürücü maliyeti, araç edinim maliyeti, geçiş ücreti
Setak vd. (2017)	ZB-KRP	KTDP, TAA	Enerji maliyeti, sürücü maliyeti, araç edinme maliyeti, geçiş ücreti
Ticha vd. (2017)	ZP-ARP	DFA	Seyahat maliyeti
Ehmke vd. (2018)	ZB-ARP	TAA	Sürücü maliyeti, yakıt maliyeti, yakıt tüketimi, mesafe, süre
Heni vd. (2018)	ZB-ARP	EYKA	Süre, emisyon, maliyet
Andelmin & Bartolini (2019)	Y-ARP	ÇBYAA	Mesafe

Breunig vd. (2019)	E-2A-ARP	KÇA, BKAA	Sabit maliyet, seyahat maliyeti
Ticha vd. (2019a)	ZP-ARP	DFA	Seyahat maliyeti
Ticha vd. (2019b)	ZP-ARP	DP, UBKAA	Seyahat maliyeti
Tikani & Setak (2019)	ZP-ZB-ARP	DP, GA, TAA	Teslimatta gecikmeler
Fröhlich vd. (2020)	PH-ARP	UBKAA	Maliyet, rota tutarsızlığı
Soriano vd. (2020)	FVZ-ARP	KTP, BKAA	Seyahat süresi
Behnke vd. (2021)	Y-ARP	KTDP, SÜA, DFA	CO2 emisyonu
Ticha vd. (2021)	ZP-ZB-ARP	DFA	Mesafe
Tikani vd. (2021)	ZB-ARP	KTDP, DP, GA	Rota tamamlama süresi
Hou vd. (2022)	DARP	GA, DKAA	Seyahat maliyeti
Karimpour vd. (2023)	ZP-EARP	KTDP, US, TAA	Seyahat maliyeti, şarj maliyeti
Bu çalışma	ÇG-KRP	KTDP	Depo kurulum maliyeti, araçların sabit ve değişken maliyetleri

ZP-ARP: Zaman Pencereli Araç Rotalama Problemi, **SPD-KÇY:** Sınırlama Prosedürüne Dayalı Kesin Çözüm Yöntemi, **UY-YTP:** Uzun Yol Yük Taşıma Problemi, **YAD-SA:** Yerel Aramaya Dayalı Sezgisel Algoritma, **SS-ASP:** Sabit Sıralı Ark Seçim Problemi, **TSDP:** Tam Sayılı Doğrusal Programlama, **DFA:** Dal-Fiyat Algoritması, **DP:** Dinamik Programlama, **ES:** Ekleme Sezgiseli, **ZB-ARP:** Zamana Bağlı Araç Rotalama Problemi, **KTP:** Karma Tamsayılı Programlama, **PSOD-SA:** Parçacık Sürü Optimizasyonuna Dayalı Sezgisel Algoritma, **KTDP:** Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama, **TAA:** Tabu Araştırma Algoritması, **Y-ZB-ARP:** Yeşil Zamana Bağlı Araç Rotalama Problemi, **GAA:** Gauss Ateşböceği Algoritması, **HARP:** Heterojen Araç Rotalama Problemi, **ZP-ZB-ARP:** Zaman Pencereli Zamana Bağlı Araç Rotalama Problemi, **DFKA:** Dal-Fiyat-Kesme Algoritması, **Y-ARP:** Yeşil Araç Rotalama Problemi, **KÇA:** Kesin Çözüm Algoritması, **ZP-ZYPB-ARP:** Zaman Pencereli Zamana Yüke ve Patikaya Bağlı Araç Rotalama Problemi, **AAVD-SY:** Ağ Azaltma Yaklaşımına Dayalı Sezgisel Yöntem, **AS-YS-ARP:** Araç Sınıfları ve Yol Seçimi ile Araç Rotalama Problemi, **TD-ZP-KARP:** Toplamalı ve Dağıtmalı Zaman Pencereli Kapasiteli Araç Rotalama Problemi, **URA:** Uyarlanabilir Rastgele Algoritma, **Y-ZP-ARP:** Yeşil Zaman Pencereli Araç Rotalama Problemi, **ZB-KRP:** Zamana Bağlı Kirlilik Rotalama Problemi, **EYKA:** En Yakın Komşu Algoritması, **ÇBYAA:** Çoklu Başlangıç Yerel Arama Algoritması, **E-2A-ARP:** Elektrikli İki Aşamalı Araç Rotalama Problemi, **BKAA:** Büyük Komşu Arama Algoritması, **UBKAA:** Uyarlanabilir Büyük Komşu Arama Algoritması, **GA:** Genetik Algoritma, **PH-ARP:** Periyodik Heterojen Araç Rotalama Problemi, **FVZ-ARP:** Farklı Varış Zamanlı Araç Rotalama Problemi, **SÜA:** Sütun Üretim Algoritması, **KTDP:** Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama, **DARP:** Dinamik Araç Rotalama Problemi, **DKAA:** Değişken Komşu Arama Algoritması, **ZP-EARP:** Zaman Pencereli Elektrikli Araç Rotalama Problemi, **US:** Uyarlanabilir Sezgisel

3. Çoklu Grafikte Konum Rotalama Problemi

Dağıtım ağlarında iki düğüm arasında yalnızca tek bir yolun olduğunun varsayılması diğer bir deyişle problemin basit bir grafik olarak ele alınması hem gerçeklikten uzak hem de hatalı çözümlere neden olabilmektedir. Bu bağlamda, bu çalışmada, iki düğüm arasında birden fazla yolun olduğu çoklu grafikte modelleme yaklaşımı benimsenmektedir. Basit ve çoklu grafik gösterimine yönelik örnek dağıtım ağları Şekil 1 ile sunulmaktadır.



Şekil 1. Basit ve Çoklu Grafik Dağıtım Ağlarının Gösterimi (Yazarın kendi görseli)

3.1. Problem Tanımı

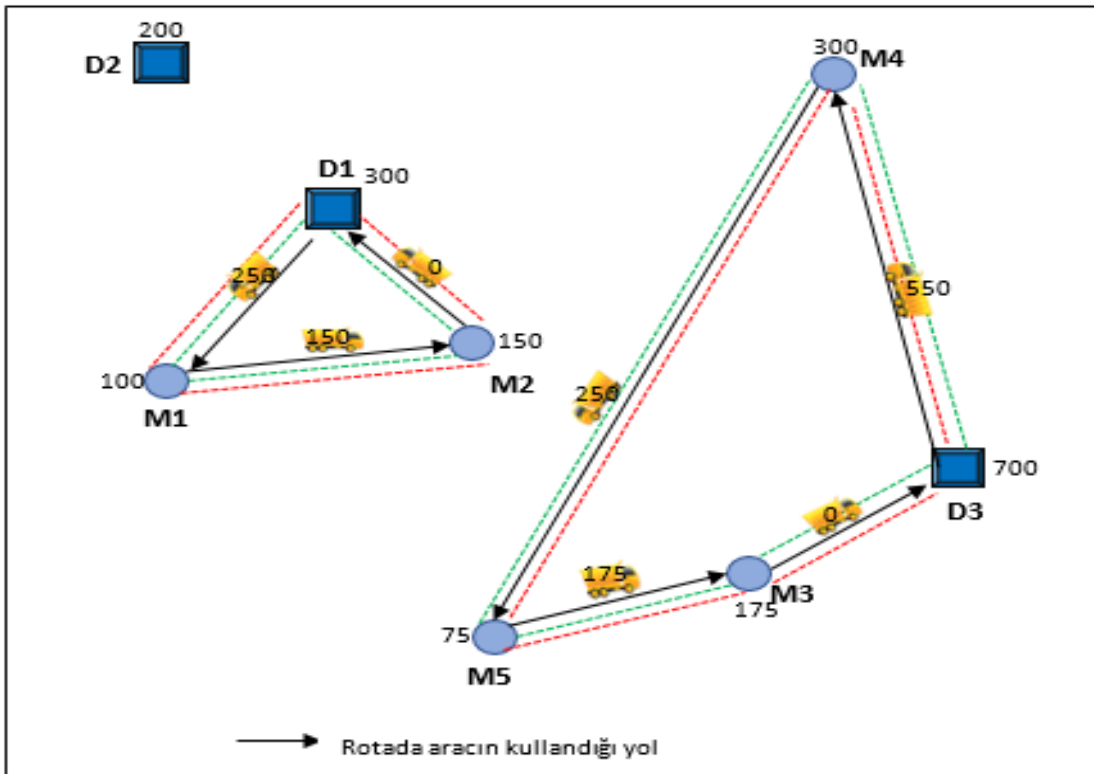
Önerilen ÇG-KRP modeli tam ve yönlendirilmiş bir grafik $G = (V, E)$ üzerinde tanımlanmaktadır. V , potansiyel depo konumlarını gösteren I kümesi ile müşteriler kümesi olan J 'nin bileşiminden oluşmaktadır ($V = I \cup J$). $E = \{(i, j) \mid i, j \in V\}$ düğümleri birbirine bağlayan yaylar kümesidir. İki düğüm arasında birden fazla yolun olduğu varsayılmakta ve yollar kümesi P ile ifade edilmektedir. Her bir araç bir düğümden diğer bir düğüme giderken bu alternatif yollardan yalnızca birini kullanmak durumundadır. Araç filosunda homojen araçlar (yük taşıma kapasitesi, yakıt tüketimi, bakım maliyeti vb. yönden benzer) yer almakta ve K kümesi ile temsil edilmektedir. Q her bir aracın yük taşıma kapasitesidir. F bir aracın kullanılması durumunda katlanması gereken sabit maliyettir. p yolunu kullanarak i 'den j 'ye gitmenin seyahat maliyeti c_{ijp} ile gösterilmektedir ($c_{ijp} \neq c_{jip} > 0$). W_i , i . deponun kapasitesini; O_i ise kurulum maliyetini temsil etmektedir. d_j , j müşterisine ait talep miktarıdır.

Probleme ait varsayımlar şu şekildedir:

- Filodaki tüm araçlar her bir depo tarafından kullanılabilir. Diğer bir deyişle, hiçbir deponun belirli bir filosu yoktur.
- Müşteri talepleri deterministiktir ve önceden bilinmektedir.
- Her bir müşteri talebi yalnızca tek bir araç vasıtasıyla karşılanmaktadır. Ayrık teslimata izin verilmemektedir.
- Araç rotaları bir depoda başlamakta ve aynı depoda sonlanmaktadır.

- Araçlar tek bir tur yapabilmektedir.
- Araç ve depo kapasiteleri aşılmamalıdır.

Probleme yönelik çözüm, en düşük maliyetle, hangi depoların açılması gerektiğinin belirlenmesi, müşterilerin mevcut depolara tahsis edilmesi ve müşterilere ilgili depolardan hizmet verecek araç rotalarının oluşturulmasıdır. ÇG-KRP modelinin örnek dağıtım ağı Şekil 2’de gösterilmektedir. Şekildeki D1, D2, D3 noktaları potansiyel depo yerlerini, M1, M2, ..., M5 müşteri yerlerini göstermektedir. Depo ve müşteri yerleri üzerindeki sayılar, sırasıyla, depo kapasitelerini ve müşteri talep miktarlarını temsil etmektedir. Araç üzerindeki sayılar ise yollarda taşınan ürün miktarlarıdır. Şekilden de görüleceği üzere depoların tümü açılmak durumunda değildir (örneğin, D2 deposu). Müşteri taleplerini karşılamak üzere D1 ve D3 depolarından hizmet verilmektedir. Filodaki araçlardan bir tanesi D1 deposundan rotasına 250 kg’lık yük ile başladıktan sonra sırasıyla M1 ve M2 müşterilerine uğramakta, yine başlangıç noktası olan D1 deposuna geri dönmektedir.



Şekil 2. ÇG-KRP Modeline Ait Örnek Dağıtım Ağının Gösterimi (Yazarın kendi görseli)

Problemde kullanılan notasyonlar özetle Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2

ÇG-KRP Modelinde Yer Alan Küme, Parametre ve Karar Değişkenleri

Grup	Sembol	Anlam
Kümeler	$I = \{1, 2, \dots, i\}$	Potansiyel depolar kümesi
	$J = \{1, 2, \dots, j\}$	Müşteriler kümesi
	$V = I \cup J$	Düğüm kümesi
	$P = \{1, 2, \dots, p\}$	Alternatif yollar kümesi
	$E = \{(i, j): i, j \in V, i \neq j\}$	Yaylar kümesi
	$K = \{1, 2, \dots, k\}$	Araçlar kümesi
Parametreler	c_{ijp}	i ve j düğümü arasındaki p . yolun mesafesi ($\forall i, j \in V, i \neq j, \forall p \in P$) (km)
	Q	Araç kapasitesi (kg)
	F	Araç sabit maliyeti (TL)
	M	Değişken maliyet (TL)
	d_j	j müşterisinin talebi ($\forall j \in J$) (kg)
	O_i	i deposunun kurulum maliyeti ($\forall i \in I$) (TL)
	W_i	i deposunun kapasitesi ($\forall i \in I$) (kg)
Karar Değişkenleri	x_{ijpk}	Araçın i düğümünden j düğümüne p yoluyla k aracı ile gitmesi durumunda 1 diğer durumlarda ise 0 değerini alan ikili karar değişkeni ($\forall i, j \in V, i \neq j, \forall p \in P, \forall k \in K$)
	L_{ijpk}	p yolunu kullanan k aracının i düğümünden ayrılırken yükü ($\forall i, j \in V, i \neq j, \forall p \in P, \forall k \in K$) (kg)
	y_i	i deposunun kurulması halinde 1 diğer durumlarda 0 değerini alan ikili karar değişkeni ($\forall i \in I$)
	z_{ij}	müşteri j 'nin depo i 'ye atanması durumunda 1 diğer durumlarda 0 değerini alan ikili karar değişkeni ($\forall i \in I, j \in J$)

3.2. Matematiksel Model

ÇG-KRP için aşağıda verilen KTDP modeli Prins vd. (2007)'nin KRP modeline dayanmaktadır.

$$\text{Minimize } \sum_{i \in I} O_i y_i + \quad (1.i)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} F x_{ijpk} + \quad (1.ii)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} M c_{ijp} x_{ijpk} \quad (1.iii)$$

Üç parçadan oluşan amaç fonksiyonu toplam maliyeti minimize etmektedir. Toplam maliyet, depoların kurulum maliyetini (1.i), araçların sabit maliyetini (1.ii) ve araçların değişken maliyetini (1.iii) içermektedir.

Kısıtlar:

$$\sum_{i \in I} \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} x_{ijpk} = 1 \quad \forall j \in J \quad (2)$$

(2) ile verilen kısıtlar her bir müşterinin yalnızca tek bir araç tarafından ziyaret edilmesini sağlamaktadır.

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{p \in P} x_{ijpk} \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{j \in V} \sum_{p \in P} x_{ijpk} - \sum_{j \in V} \sum_{p \in P} x_{jipk} = 0 \quad \forall k \in K, \forall i \in V \quad (4)$$

Rotaya başlanılan depoya geri dönülmesini ve akışın korunumunu sağlayan kısıtlar, sırasıyla, (3) ve (4) numaralı kısıtlardır.

$$\sum_{u \in J} \sum_{p \in P} x_{iupk} + \sum_{u \in V \setminus \{j\}} \sum_{p \in P} x_{ujpk} \leq 1 + z_{ij} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (5)$$

(5) numaralı kısıtlar bir müşterinin yalnızca onları birbirine bağlayan bir rota açıldığında o depoya atanabileceğini belirtmektedir.

$$\sum_{j \in J} d_j z_{ij} \leq W_i y_i \quad \forall i \in I \quad (6)$$

(6) kısıtları depo kapasitelerinin aşılmamasını sağlamaktadır.

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} x_{ijpk} \leq |K| \quad (7)$$

(7) kısıtları kullanılabilir araç sayısını belirtmektedir.

$$\sum_{i \in V \setminus \{j\}} \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} L_{jipk} = \sum_{i \in V \setminus \{j\}} \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} L_{ijpk} - d_j \quad \forall j \in J \quad (8)$$

Her bir yay üzerindeki yük akışının takibi (8) kısıtlarıyla sağlanmaktadır. Ayrıca, bu kısıtlar vasıtasıyla alt turlar elimine edilmektedir (Bard & Nananukul, 2009).

$$L_{ijpk} \leq Q x_{ijpk} \quad \forall i \in V, \forall j \in V, \forall p \in P, \forall k \in K \quad (9)$$

Araç kapasitelerinin aşılmaması (9) numaralı kısıtlar vasıtasıyla sağlanmaktadır.

$$x_{ijpk} \in \{0,1\} \quad \forall i \in V, \forall j \in V, \forall p \in P, \forall k \in K \quad (10)$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (11)$$

$$z_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (12)$$

$$L_{ijpk} \geq 0 \quad \forall i \in V, \forall j \in V, \forall p \in P, \forall k \in K \quad (13)$$

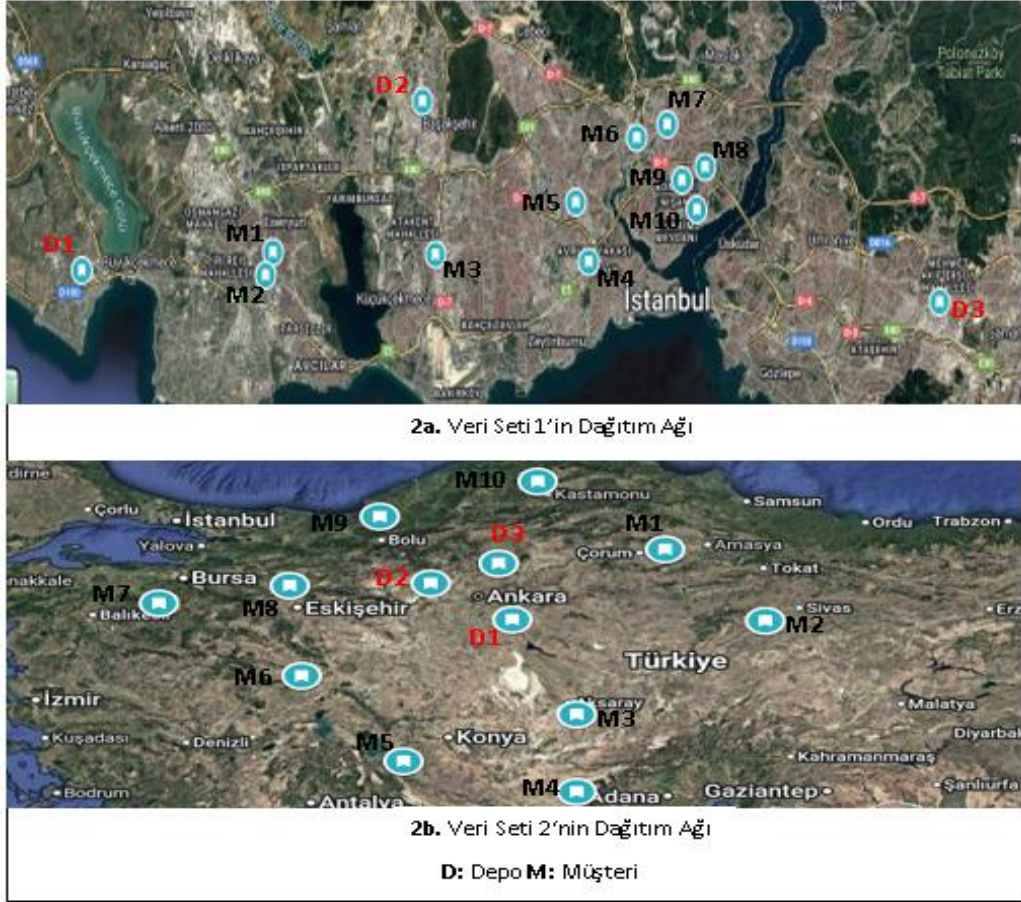
(10)-(13) kısıtları modelde yer alan karar değişkinlerinin tanımına ilişkin kısıtlardır.

4. Sayısal Analizler

Bu bölümde, ÇG-KRP için optimum sonuçları elde etmek üzere geliştirilen matematiksel model analiz edilmiştir. Matematiksel modelin çözümünde, SolverStudio ve Gurobi 11.0.0 programları, Intel (R) i7 işlemci 2.4 GHz hızında 6 GB belleğe sahip bir bilgisayar kullanılmıştır.

4.1. Veri Seti

Modelin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla iki farklı veri seti türetilmiştir. Veri seti 1'de yer alan noktalar Türkiye'de faaliyet gösteren bir kargo şirketinin İstanbul ilindeki şubelerinin yerleri üzerinden türetilmiştir. Veri seti 2'de yer alan noktalar yine aynı şirketin Türkiye genelindeki şubelerinden dağılımlı olacak şekilde örnekleme seçilmiştir. Veri seti 1'de depo ve müşteri yerleri birbirlerine daha yakın mesafelerde iken veri seti 2'de ilgili yerler daha uzak konumda yer almaktadır. Veri setlerine yönelik dağıtım ağının gösterimi Şekil 3 ile sunulmaktadır.



Şekil 3. Veri Setlerine Yönelik Dağıtım Ağlarının Gösterimi (Google Haritalar)

Şekildeki D1, D2, D3 depo yerlerini, M1, M2, M3, ..., M10 ise müşteri yerlerini göstermektedir. Veri setlerine yönelik düğümler arasındaki mesafeler dışındaki tüm parametreler aynıdır ve bu parametreler rastgele seçilmiştir. Her iki veri setinde de 3 adet depo, 10 adet müşteri bulunmaktadır. Dağıtım ağlarında yer alan her iki düğüm arasında üç adet alternatif yolun bulunduğu varsayılmaktadır. Düğümler arasındaki uzaklıklar (mesafe matrisi) Google Haritalar aracılığıyla elde edilmiştir. Veri setlerinde yer alan düğümlere ait koordinat bilgileri Tablo 3 ile verilmektedir. Araç filosunda her biri 3.000 kg taşıma kapasitesine sahip homojen 5 adet araç bulunmaktadır. Araçların sabit (satın alma) maliyeti 2.800.000 TL'dir. Araçların yakıt, sigorta, bakım, sürücü vb. maliyetlerini içeren değişken maliyetleri (TL/km) 1.000 TL'dir. D1'den D3'e, sırasıyla, depoların kurulum maliyetleri 12.000.000, 15.000.000, 20.000.000 TL iken kapasiteleri 5.000, 8.000 ve 10.000 kg'dır. Müşterilere yönelik talep miktarları (0, 3.000] olacak şekilde rastgele seçilmiştir ve M1'den M10'a sırasıyla 2.000, 700, 600, 1.400, 2.200, 800, 1.000, 1.800, 3.000 ve 500 kg'dır.

Tablo 3

Veri Setlerindeki Düğümlere Ait Koordinat Bilgileri

Veri Seti	Düğüm	Koordinat Bilgileri (Enlem, Boylam)
1	D1	41.04161, 28.53910
	D2	41.12028, 28.79727
	D3	41.03235, 29.25380
	M1	41.05359, 28.71548
	M2	41.03909, 28.72372
	M3	41.06912, 28.90637
	M4	41.06083, 29.09863
	M5	41.08775, 28.96679
	M6	41.12500, 29.07391
	M7	41.11052, 29.10137
2	M8	41.10845, 29.15631
	M9	41.10224, 29.10961
	M10	41.09603, 29.12335
	D1	39.38059, 33.18130
	D2	40.09261, 32.15581
	D3	40.26505, 33.07520
	M1	40.38507, 35.16435
	M2	39.37064, 36.34313
	M3	38.15024, 34.08135
	M4	37.06583, 34.09045
M5	37.34014, 31.54088	
M6	38.49460, 30.34316	
M7	39.52096, 28.44041	
M8	40.07545, 30.25488	
M9	41.07006, 31.35167	
M10	41.36093, 33.37596	

4.2. Temel Durum Analizi

Düğümler arasındaki alternatif yolların dikkate alındığı ÇG-KRP matematiksel modeliyle elde edilen optimal sonuçlar Tablo 4’te verilmektedir.

Tablo 4

Veri Setlerine Yönelik ÇG-KRP Optimal Sonuçları

Veri Seti	Toplam Maliyet (TL)	Kurulan Depo(lar)	Araç No	Optimal Rota	Düğümler Arası Taşınan Ürün Miktarı (kg)	Düğümler Arası Kullanılan Yol (Patika)
1	46.399.800	D1, D3	K1	D3-M9-D3	3.000-0	Y2-Y1
			K2	D3-M6-M5-D3	3.000-2.200-0	Y3-Y1-Y1
			K3	D3-M3-M4-M7-D3	3.000-2.400-1.000-0	Y3-Y3-Y2-Y1
			K4	D1-M2-M1-D1	2.700-2.000-0	Y1-Y1-Y1

			K5	D1-M10-M8-D1	2.300-1.800-0	Y1-Y1-Y1
			K1	D1-M8-M10-D1	2.300-500-0	Y2-Y3-Y1
			K2	D3-M5-M6-D3	3.000-800-0	Y1-Y1-Y1
2	51.318.000	D1, D3	K3	D3-M3-M4-M7-D3	3.000-2.400-1.000-0	Y2-Y1-Y1-Y2
			K4	D1-M1-M2-D1	2.700-700-0	Y1-Y2-Y1
			K5	D3-M9-D3	3.000-0	Y2-Y2

Her iki veri setinde de optimal sonuçlara göre üç adet depodan ikisinin (D1 ve D3 depoları) kurulumu yapılmakta ve filoda yer alan araçların tümü ürünlerin müşterilere taşınmasında kullanılmaktadır. Veri seti 1 için toplam maliyet 46.399.800 TL iken veri seti 2 için toplam maliyet 51.318.000 TL'dir. Hem veri seti 1 hem de veri seti 2 için araçların edinim ve depoların kurulum maliyetlerini içeren sabit maliyetleri birbirine eşittir (46.000.000 TL). Ancak, araçların ürün dağıtımından kaynaklı değişken maliyetler veri seti 1 için 399.800 TL, veri seti 2 için ise 5.318.000 TL'dir. Söz konusu farklılığın sebebi veri seti 2'deki düğümlerin daha dağılımlı (birbirlerine daha uzak konumda) yer almaları ve dolayısıyla araçların daha fazla yol katetmeleridir. Amaç fonksiyonu toplam maliyeti minimize etmek olduğundan ve maliyet unsuru noktalar arasındaki mesafe ile orantılı olduğundan tüm araçlar rotalarında üç adet alternatif yoldan en kısa yolu kullanmışlardır. Filodaki her bir araç rotasına bir depodan başlamakta bir veya birden fazla müşteriye ürün teslimi yaptıktan sonra tekrar aynı depoya geri dönmektedir. Örneğin veri seti 1'deki K4 aracı rotasına kurulumu yapılan D1 deposundan 2.700 kg'lık yük ile başlamakta ve buradan M2 müşterisine gitmektedir. M2 müşterisine 700 kg'lık ürün teslimi yaptıktan sonra 2.000 kg'lık ürünü ulaştırmak üzere M1 müşterisine ulaşmaktadır. Araç ürün teslimatlarını yaptıktan sonra rotasına başladığı D1 deposuna tekrar geri dönerek rotasını tamamlamaktadır.

4.3. Duyarlılık Analizleri

Rotalama problemlerinde genellikle iki nokta arasında en kısa yol dikkate alınmakta ve buna göre planlama yapılmaktadır. Ancak, özellikle kentsel alanlarda, bir noktadan diğer bir noktaya ulaşmanın birden fazla yolu bulunabilmekte ve bazı yollar trafik kazası, trafik sıkışıklığı, yol çalışması vb. sebeplerden dolayı kapanabilmektedir. Öte yandan, kimi yollar geçiş ücreti gibi ekstra maliyetler içerebilmektedir. Ayrıca, en kısa yol her zaman en az süreli yol anlamına gelmemektedir. Örneğin, bir noktadan diğer bir noktaya şehir içinden veya çevre yolundan farklı mesafe ve sürelerde erişim sağlanabilmektedir. Erişim çevre yolundan daha uzun mesafeli olmasına rağmen daha kısa sürede sağlanabilmektedir. Böylesi bir durumda yalnızca en kısa yolun dikkate alınması yanlış kararların alınmasına veya optimal çözümün bulunamamasına neden

olabilmektedir. Bu bağlamda, dağıtım ağındaki esnekliğe ihtiyaç duyulabilmektedir. Esneklik, bu tür beklenmeyen durumlarla başa çıkabilmek için alternatif rotaların kullanılmasına olanak tanımaktadır. Böylece, operasyonlar daha az etkilenmekte, teslimatlar zamanında ve verimli bir şekilde yapılabilmektedir.

Çalışmanın bu bölümünde, optimal çözümler üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, alternatif yolların dikkate alınmadığı iki adet senaryo üzerinden duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Birinci senaryoda literatürdeki çoğu rotalama problemlerinde olduğu gibi dağıtım ağındaki noktalar arasında tek bir yolun bulunduğu en kısa yol hesaba katılmıştır. Bu durumda problem KKRK'ye dönüşmektedir. İkinci senaryoda ise dağıtım ağındaki yollardan bazılarının kapanmış olduğu ve dolayısıyla bu yolların kullanılamayacağı varsayımıyla her iki nokta arasındaki üç alternatif yoldan yalnızca tek bir yol hesaba katılmıştır. Söz konusu yol rastgele olarak seçilmiştir (Patoghi vd., 2017; Tikani & Setak, 2019). Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde senaryo 1 KKRK_min olarak, senaryo 2 KKRK_rastgele olarak anılacaktır. KKRK_min ve KKRK_rastgele matematiksel modelleri ÇG-KRP'deki p indisinin matematiksel modelden kaldırılması yoluyla elde edilmiştir. Optimal sonuçlar Tablo 5'de gösterilmektedir.

Tablo 5

Veri Setlerine Yönelik Duyarlılık Analizleri Optimal Sonuçları

Veri Seti	Problem Türü	Toplam Maliyet (TL)	Kurulan Depo(lar)	Araç No	Optimal Rota	Düğüm Arası Taşınan Ürün Miktarı (kg)	Çözüm Süresi (dk)
1	ÇG-KRP	46.399.800	D1, D3	K1	D3-M9-D3	3.000-0	12,54
				K2	D3-M6-M5-D3	3.000-2.200-0	
				K3	D3-M3-M4-M7-D3	3.000-2.400-1.000-0	
				K4	D1-M2-M1-D1	2.700-2.000-0	
				K5	D1-M10-M8-D1	2.300-1.800-0	
	KKRK_min	46.399.800	D1, D3	K1	D1-M2-M1-D1	2.700-2.000-0	6,33
				K2	D3-M3-M4-M7-D3	3.000-2.400-1.000-0	
				K3	D3-M6-M5-D3	3.000-2.200-0	
				K4	D1-M10-M8-D1	2.300-1.800-0	
				K5	D3-M9-D3	3.000-0	
KKRK_rastgele	46.449.400	D1, D3	K1	D1-M2-M10-M8-D1	3.000-2.300-1.800-0	6,23	
			K2	D3-M9-D3	3.000-0		
			K3	D3-M4-M3-M7-D3	3.000-1.600-1.000-0		
			K4	D1-M1-D1	2.000-0		
			K5	D3-M6-M5-D3	3.000-2.200-0		
2	ÇG-KRP	51.318.000	D1, D3	K1	D1-M8-M10-D1	2.300-500-0	

			K2	D3-M5-M6-D3	3.000-800-0	
			K3	D3-M3-M4-M7-D3	3.000-2.400-1.000-0	312,15
			K4	D1-M1-M2-D1	2.700-700-0	
			K5	D3-M9-D3	3.000-0	
			K1	D1-M1-M2-D1	2.700-700-0	
			K2	D3-M5-M6-D3	3.000-800-0	
KKRP_min	51.318.000	D1, D3	K3	D3-M3-M4-M7-D3	3.000-2.400-1.000-0	2,10
			K4	D3-M9-D3	3.000-0	
			K5	D1-M8-M10-D1	2.300-500-0	
			K1	D3-M9-D3	3.000-0	
			K2	D3-M3-M4-M7-D3	3.000-2.400-1.000-0	
KKRP_rastgele	51.701.000	D1, D3	K3	D1-M2-M1-D1	2.700-2.000-0	24,22
			K4	D1-M10-M8-D1	2.300-1.800-0	
			K5	D3-M6-M5-D3	3.000-2.200-0	

Beklendiği üzere, ÇG-KRP toplam maliyeti minimize etmek amacıyla dağıtım ağındaki üç alternatif yoldan en kısa yolu tercih ettiğinden, her iki veri setine ait ÇG-KRP ve KKRP_min modeli optimal çözümleri (kurulan depolar, araç rotaları ve toplam maliyet) aynı sonuçları üretmektedir. Her ne kadar söz konusu çözümler açısından bir farklılık yokmuş gibi görünse de en kısa yolların kullanılmaması durumunda KKRP_min modelinden çözüm elde edilemezken ÇG-KRP modelinden geriye kalan diğer yolları hesaba kattığından optimal çözüm elde edilebilecektir. Söz konusu durum, depo konum ve araç rotaları planlamasında alternatif yolları dikkate alarak esnekliği sağlamanın önemini ortaya koymaktadır.

ÇG-KRP ve KKRP_rastgele sonuçları karşılaştırıldığında ise iki veri setinde de kurulan depolar ve kullanılan araç sayısı bakımından herhangi bir farklılık olmamasına rağmen ÇG-KRP modelinin toplam maliyet açısından daha iyi sonuçlar ürettiği gözlemlenmiştir. Veri seti 1 için ÇG-KRP modeline ait toplam maliyet 46.399.800 TL iken KKRP_rastgele modeline ait toplam maliyet 46.449.400 TL'dir. Benzer şekilde, veri seti 2 için ÇG-KRP modeline ait toplam maliyet 51.318.000 TL iken KKRP_rastgele modeline ait toplam maliyet 51.701.000 TL'dir. Bu bağlamda, toplam maliyette veri seti 1 ve 2 için sırasıyla 49.600 TL ve 383.000 TL artış gözlemlenmiştir.

Matematiksel modellerin çözüm süreleri incelendiğinde, ÇG-KRP modelinde diğer modellere kıyasla daha uzun sürelerde çözüm elde edildiği görülmektedir. Söz konusu durum, ÇG-KRP modelinde dağıtım ağında birden fazla yolun yer almasından dolayı çözüm uzayının genişlemesinden kaynaklanmaktadır. Veri seti 1'de ÇG-KRP modeline ait çözüm süresi diğer iki modelin çözüm sürelerinin yaklaşık olarak 2 katıdır. Düşümler arasındaki mesafelerin daha uzun olduğu Veri seti 2'de ise ÇG-KRP modelinin çözüm süresi diğer modellere kıyasla büyük ölçüde

artış göstermiştir. Bu da modelin parametrelere karşı duyarlı olduğunu göstermektedir. Özetle, her ne kadar çoklu grafik varsayımı çözüm süresinin artmasına sebep olsa da ilgili yaklaşımın konum ve rotalama kararlarında esneklik sağlayabileceği ve daha verimli sonuçlar üretebileceği sonucuna varılabilmektedir.

5. Sonuç

Lojistikte rotalama problemleri, özellikle taşıma süreçlerinin optimize edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Rotalama, taşıma araçlarının belirli bir bölge veya güzergah üzerinde en verimli şekilde nasıl hareket edeceğiyle ilgili bir süreçtir. Bu tür problemler, lojistik ve tedarik zinciri yönetiminde, maliyetleri, zaman yönetimini ve müşteri memnuniyetini etkilemesi açısından önemli bir yere sahiptir.

KRP, lojistikte kullanılan önemli bir optimizasyon problemidir. Bu problem, hem depo (servis noktası) yerleşimlerinin belirlenmesi hem de araç rotalarının optimize edilmesi gereksinimini birleştirmektedir. Diğer bir deyişle, KRP, belirli bir sayıda depo veya hizmet noktası ile çok sayıda müşteriye hizmet veren araçların rotalarını ve depo yerleşimlerini en verimli şekilde planlamayı amaçlamaktadır.

Çoğu rotalama problemleri dağıtım ağındaki düğümler (yerler) arasında yalnızca tek bir yolun bulunduğu varsayımıyla planlama yapmaktadır. Ancak, özellikle kentsel alanlarda bir noktadan diğer bir noktaya ulaşmanın birden fazla yolu bulunabilmektedir. Bazı yollar trafik kazası, trafik sıkışıklığı, yol çalışması vb. sebeplerden dolayı kapanabilmektedir. Öte yandan, kimi yollar geçiş ücreti gibi ekstra maliyetler içerebilmektedir. Ayrıca, en kısa yol her zaman en az süreli yol anlamına gelmemektedir. Böylesi bir durumda yalnızca en kısa yolun dikkate alınması yanlış kararların alınmasına veya optimal çözümün bulunamamasına neden olabilmektedir. Bu bağlamda, dağıtım ağında esnekliğe ihtiyaç duyulabilmektedir. Esneklik, bu tür beklenmeyen durumlarla başa çıkabilmek için alternatif rotaların kullanılmasına olanak tanımaktadır. Böylece, operasyonlar daha az etkilenmekte, teslimatlar zamanında ve verimli bir şekilde yapılabilmektedir.

Bu çalışmada, konum ve rota planlamasında esnekliği sağlamak amacıyla dağıtım ağındaki düğümler arasında bir değil birden fazla yolun hesaba katıldığı KRP ele alınmıştır. ÇG-KRP olarak adlandırılan problemin çözümü için bir matematiksel model önerisinde bulunulmuştur. KTDP modelinin amacı toplam maliyeti minimize etmektir. Toplam maliyet, depoların kurulum maliyeti ve araçların sabit ve değişken maliyetlerini içermektedir. Modelin uygulanabilirliğini göstermek

amacıyla farklı dağıtım ağlarına sahip ve düğümler arasında alternatif yolların bulunduğu iki ayrı veri seti ile çalışılmış, optimum sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, alternatif yolların dikkate alınmasının optimal çözümler üzerindeki etkisini irdelemek amacıyla iki düğüm arasında yalnızca tek bir yolun bulunduğu iki adet senaryo üzerinden duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Düğümler arasındaki mesafeler Senaryo 1’de en kısa yol; senaryo 2’de ise rastgele olarak seçilmiştir. ÇG-KRP modeli ile senaryo 1 sonuçları karşılaştırıldığında optimum sonuçlar açısından bir farklılık gözlenmemiştir. Diğer bir deyişle, her iki modelde de depo konumları, araç rotaları ve toplam maliyet aynıdır. Söz konusu durum, ÇG-KRP modelinin iki nokta arasındaki alternatif yollardan en kısa olanını seçmesinin doğal bir sonucudur. ÇG-KRP modeli ile senaryo 2 sonuçları karşılaştırıldığında ise ÇG-KRP modelinin daha az maliyetle müşteri taleplerini karşılayabildiği gözlemlenmiştir. İlgili modeller çözüm süreleri açısından kıyaslandığında dağıtım ağında düğümler arasında birden fazla yolun bulunmasının çözüm uzayını genişlettiği ve böylece daha uzun sürelerde çözüm elde edilebildiği görülmüştür.

Sonuç olarak, dağıtım ağında alternatif yolları dikkate almanın herhangi bir aksaklığa karşı konum ve rotalama kararlarında esneklik ve operasyonel verimlilik sağlayabileceği ancak daha uzun çözüm süresi gerektireceği söylenebilmektedir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda zaman pencereleri, rota süresi, heterojen araç filosu gibi çeşitli varsayımlar dikkate alınabilir. Ayrıca, büyük ölçekteki problemlerin çözümü için sezgisel ve/veya metasezgisel yöntemler önerilebilir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Etik komite onayı ve/veya yasal/özel izin gerektirmeyen bu çalışma, araştırma ve yayın etiğine uygundur.

Araştırmacının Katkı Oranı Beyanı

Yazar makalenin tek yazarı olduğu için katkı oranı %100’dür.

Araştırmacının Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması yoktur.

Kaynakça

- Aghalari, A., Salamah, D., Kabli, M., & Marufuzzaman, M. (2023). A two-stage stochastic location–routing problem for electric vehicles fast charging. *Computers & Operations Research*, 158, 106286. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2023.106286>
- Akpunar, Ö. Ş., & Akpınar, Ş. (2021). A hybrid adaptive large neighbourhood search algorithm for the capacitated location routing problem. *Expert Systems with Applications*, 168, 114304. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114304>
- Albareda-Sambola, M., Fernández, E., & Laporte, G. (2007). Heuristic and lower bound for a stochastic location-routing problem. *European Journal of Operational Research*, 179(3), 940-955. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.04.051>
- Alinaghian, M., & Naderipour, M. (2016). A novel comprehensive macroscopic model for time-dependent vehicle routing problem with multi-alternative graph to reduce fuel consumption: A case study. *Computers & Industrial Engineering*, 99, 210-222. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.07.029>
- Andelmin, J., & Bartolini, E. (2017). An exact algorithm for the green vehicle routing problem. *Transportation Science*, 51(4), 1288-1303. <https://doi.org/10.1287/trsc.2016.0734>
- Andelmin, J., & Bartolini, E. (2019). A multi-start local search heuristic for the green vehicle routing problem based on a multigraph reformulation. *Computers & Operations Research*, 109, 43-63. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2019.04.018>
- Androutsopoulos, K. N., & Zografos, K. G. (2017). An integrated modelling approach for the bicriterion vehicle routing and scheduling problem with environmental considerations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 82, 180-209. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.06.013>
- Araghi, M. E. T., Tavakkoli-Moghaddam, R., Jolai, F., & Molana, S. M. H. (2021). A green multi-facilities open location-routing problem with planar facility locations and uncertain customer. *Journal of Cleaner Production*, 282, 124343. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124343>
- Baldacci, R., Bodin, L., & Mingozzi, A. (2006). The multiple disposal facilities and multiple inventory locations rollon–rolloff vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 33(9), 2667-2702. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2005.02.023>
- Baldacci, R., Mingozzi, A., & Wolfler Calvo, R. (2011). An exact method for the capacitated location-routing problem. *Operations Research*, 59(5), 1284-1296. <https://doi.org/10.1287/opre.1110.0989>
- Bard, J. F., & Nananukul, N. (2009). Heuristics for a multiperiod inventory routing problem with production decisions. *Computers & Industrial Engineering*, 57(3), 713-723. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2009.01.020>

-
- Behnke, M., & Kirschstein, T. (2017). The impact of path selection on GHG emissions in city logistics. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 106, 320-336. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2017.08.011>
- Behnke, M., Kirschstein, T., & Bierwirth, C. (2021). A column generation approach for an emission-oriented vehicle routing problem on a multigraph. *European Journal of Operational Research*, 288(3), 794-809. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.06.035>
- Belenguer, J. M., Benavent, E., Prins, C., Prodhon, C., & Calvo, R. W. (2011). A branch-and-cut method for the capacitated location-routing problem. *Computers & Operations Research*, 38(6), 931-941. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2010.09.019>
- Bozkaya, B., Salman, F. S., & Telciler, K. (2017). An adaptive and diversified vehicle routing approach to reducing the security risk of cash-in-transit operations. *Networks*, 69(3), 256-269. <https://doi.org/10.1002/net.21735>
- Breunig, U., Baldacci, R., Hartl, R. F., & Vidal, T. (2019). The electric two-echelon vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 103, 198-210. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.11.005>
- Caramia, M., & Guerriero, F. (2009). A heuristic approach to long-haul freight transportation with multiple objective functions. *Omega*, 37(3), 600-614. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2008.02.001>
- Drexl, M., & Schneider, M. (2015). A survey of variants and extensions of the location-routing problem. *European Journal of Operational Research*, 241(2), 283-308. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.08.030>
- Ehmke, J. F., Campbell, A. M., & Thomas, B. W. (2016). Vehicle routing to minimize time-dependent emissions in urban areas. *European Journal of Operational Research*, 251(2), 478-494. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.11.034>
- Ehmke, J. F., Campbell, A. M., & Thomas, B. W. (2018). Optimizing for total costs in vehicle routing in urban areas. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 116, 242-265. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.06.008>
- Escobar-Vargas, D., & Crainic, T. G. (2024). Multi-attribute two-echelon location routing: Formulation and dynamic discretization discovery approach. *European Journal of Operational Research*, 314(1), 66-78. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.09.031>
- Fröhlich, G. E., Doerner, K. F., & Gansterer, M. (2020). Secure and efficient routing on nodes, edges, and arcs of simple-graphs and of multi-graphs. *Networks*, 76(4), 431-450. <https://doi.org/10.1002/net.21993>
- Gao, S., Wang, Y., Cheng, J., Inazumi, Y., & Tang, Z. (2016). Ant colony optimization with clustering for solving the dynamic location routing problem. *Applied Mathematics and Computation*, 285, 149-173. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2016.03.035>

- Garaix, T., Artigues, C., Feillet, D., & Josselin, D. (2010). Vehicle routing problems with alternative paths: An application to on-demand transportation. *European Journal of Operational Research*, 204(1), 62-75. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.10.002>
- Heni, H., Renaud, J., & Coelho, L. C. (2018). Time-dependent vehicle routing problem with emission and cost minimization considering dynamic paths. *Teknik Rapor. CIRRELT-2018-14*. Erişim: 14.05.2024, <https://www.cirrelt.ca/documentstravail/cirrelt-2018-14.pdf>
- Hou, D. K., Fan, H. M., Lv, Y. C., & Ren, X. X. (2022). Dynamic multicompartment refrigerated vehicle routing problem with multigraph based on real-time traffic information. *Journal of Advanced Transportation*, 2022(1), 5538113. <https://doi.org/10.1155/2022/5538113>
- Huang, Y., Zhao, L., Van Woensel, T., & Gross, J. P. (2017). Time-dependent vehicle routing problem with path flexibility. *Transportation Research Part B: Methodological*, 95, 169-195. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2016.10.013>
- Karimpour, A., Setak, M., & Hemmati, A. (2023). Estimating energy consumption and charging duration of electric vehicle in multigraph. *Computers & Operations Research*, 155, 106216. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2023.106216>
- Lai, D. S., Demirag, O. C., & Leung, J. M. (2016). A tabu search heuristic for the heterogeneous vehicle routing problem on a multigraph. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 86, 32-52. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.12.001>
- Laporte, G., Nobert, Y., & Arpin, D. (1986). An exact algorithm for solving a capacitated location-routing problem. *Annals of Operations Research*, 6, 291-310. <https://doi.org/10.1007/BF02023807>
- Li, Y., Lim, M. K., Tseng, M. L., Lin, Y., Shi, Y., Huang, X., & Xiong, W. (2024). A literature review of green location routing problem: a comprehensive analysis of problems, objectives and methodologies. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/13675567.2024.2332362>
- Liu, X., Qi, M., & Cheng, C. (2017). Green vehicle routing problem with path flexibility. 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Singapore, ss. 1037-1041. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8290050>
- Lopes, R. B., Ferreira, C., Santos, B. S., & Barreto, S. (2013). A taxonomical analysis, current methods and objectives on location-routing problems. *International Transactions in Operational Research*, 20(6), 795-822. <https://doi.org/10.1111/itor.12032>
- Mara, S. T. W., Kuo, R. J., & Asih, A. M. S. (2021). Location-routing problem: a classification of recent research. *International Transactions in Operational Research*, 28(6), 2941-2983. <https://doi.org/10.1111/itor.12950>

-
- Nadizadeh, A., & Nasab, H. H. (2014). Solving the dynamic capacitated location-routing problem with fuzzy demands by hybrid heuristic algorithm. *European Journal of Operational Research*, 238(2), 458-470. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.04.012>
- Nagy, G., & Salhi, S. (2007). Location-routing: Issues, models and methods. *European Journal of Operational Research*, 177(2), 649-672. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.04.004>
- Patoghi, A., Shakeri, Z., & Setak, M. (2017). A time dependent pollution routing problem in multi-graph. *International Journal of Engineering*, 30(2), 234-242. <https://doi.org/10.5829/idosi.ije.2017.30.02b.00>
- Prins, C., Prodhon, C., Ruiz, A., Soriano, P., & Wolfler Calvo, R. (2007). Solving the capacitated location-routing problem by a cooperative Lagrangean relaxation-granular tabu search heuristic. *Transportation Science*, 41(4), 470-483. <https://doi.org/10.1287/trsc.1060.0187>
- Prodhon, C., & Prins, C. (2014). A survey of recent research on location-routing problems. *European Journal of Operational Research*, 238(1), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.01.005>
- Qian, J., & Eglese, R. (2016). Fuel emissions optimization in vehicle routing problems with time-varying speeds. *European Journal of Operational Research*, 248(3), 840-848. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.09.009>
- Reinhardt, L. B., Jepsen, M. K., & Pisinger, D. (2016). The edge set cost of the vehicle routing problem with time windows. *Transportation Science*, 50(2), 694-707. <https://doi.org/10.1287/trsc.2015.0620>
- Salhi, S., & Rand, G. K. (1989). The effect of ignoring routes when locating depots. *European Journal of Operational Research*, 39(2), 150-156. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(89\)90188-4](https://doi.org/10.1016/0377-2217(89)90188-4)
- Salhi, S., & Nagy, G. (1999). Consistency and robustness in location-routing. *Studies in Locational Analysis*, (13), 3-19.
- Schneider, M., & Drexl, M. (2017). A survey of the standard location-routing problem. *Annals of Operations Research*, 259, 389-414. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2509-0>
- Setak, M., Habibi, M., Karimi, H., & Abedzadeh, M. (2015). A time-dependent vehicle routing problem in multigraph with FIFO property. *Journal of Manufacturing Systems*, 35, 37-45. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.11.016>
- Setak, M., Shakeri, Z., & Patoghi, A. (2017). A time dependent pollution routing problem in multi-graph. *International Journal of Engineering*, 30(2), 234-242. <https://doi.org/10.5829/idosi.ije.2017.30.02b.10>
- Soriano, A., Vidal, T., Gansterer, M., & Doerner, K. (2020). The vehicle routing problem with arrival time diversification on a multigraph. *European Journal of Operational Research*, 286(2), 564-575. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.03.061>

- Tadaros, M., & Migdalas, A. (2022). Bi-and multi-objective location routing problems: classification and literature review. *Operational Research*, 22(5), 4641-4683. <https://doi.org/10.1007/s12351-022-00734-w>
- Ticha, H. B., Absi, N., Feillet, D., & Quilliot, A. (2017). Empirical analysis for the VRPTW with a multigraph representation for the road network. *Computers & Operations Research*, 88, 103-116. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.06.024>
- Ticha, H.B., Absi, N., Feillet, D., & Quilliot, A. (2018). Vehicle routing problems with road-network information: State of the art. *Networks*, 72(3), 393-406. <https://doi.org/10.1002/net.21808>
- Ticha, H. B., Absi, N., Feillet, D., Quilliot, A., & Woensel, T. V. (2019a). A branch-and-price algorithm for the vehicle routing problem with time windows on a road network. *Networks*, 73(4), 401-417. <https://doi.org/10.1002/net.21852>
- Ticha, H. B., Absi, N., Feillet, D., & Quilliot, A. (2019b). Multigraph modeling and adaptive large neighborhood search for the vehicle routing problem with time windows. *Computers & Operations Research*, 104, 113-126. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.11.001>
- Ticha, H. B., Absi, N., Feillet, D., Quilliot, A., & Woensel, T. V. (2021). The time-dependent vehicle routing problem with time windows and road-network information. *Operations Research Forum*, 2(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s43069-020-00049-6>
- Tikani, H., & Setak, M. (2019). Efficient solution algorithms for a time-critical reliable transportation problem in multigraph networks with FIFO property. *Applied Soft Computing*, 74, 504-528. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.10.029>
- Tikani, H., Setak, M., & Demir, E. (2021). A risk-constrained time-dependent cash-in-transit routing problem in multigraph under uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 293(2), 703-730. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.12.020>
- Wang, H., & Lee, Y. (2014). Two-stage particle swarm optimization algorithm for the time dependent alternative vehicle routing problem. *Journal of Applied & Computational Mathematics*, 3(4), 1-9. <https://doi.org/10.4172/2168-9679.1000170>
- Wang, C., Peng, Z., & Xu, X. (2021). A bi-level programming approach to the location-routing problem with cargo splitting under low-carbon policies. *Mathematics*, 9(18), 2325. <https://doi.org/10.3390/math9182325>
- Watson-Gandy, C. D. T., & Dohrn, P. J. (1973). Depot location with van salesmen—a practical approach. *Omega*, 1(3), 321-329. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(73\)90108-4](https://doi.org/10.1016/0305-0483(73)90108-4)

EXTENDED ABSTRACT

Distribution, which is a part of the supply chain, is one of the most critical stages in ensuring that a product reaches the end consumer from the manufacturer. Distribution is not just about physically transporting a product, but also a strategic element to increase customer satisfaction, reduce costs, gain a competitive advantage, and support sustainability. In this context, businesses need an efficient and well-planned distribution network. Location and vehicle routing decisions are two types of problems that significantly affect the efficiency of distribution and arise in many real-life situations (Tadaros & Migdalas, 2022).

The Facility Location Problem (FLP) and Vehicle Routing Problem (VRP) involve two different decision levels. FLP is associated with the strategic decision level, where decisions are typically valid for the long term; while VRP is related to the tactical or operational decision level, which is valid for a short period and changes on a weekly or even daily basis (Salhi & Nagy, 1999). In the past, FLP and VRP were typically solved separately, first determining the locations of facilities and then planning the vehicle routes (Mara et al., 2021; Lopes et al., 2013). However, over time, it became clear that these traditional approaches were highly interconnected, and treating them as separate problem types was observed to lead to suboptimal outcomes (Salhi & Rand, 1989). A change in the location of facilities within an existing distribution network may require a new distribution plan. In this context, the location of facilities such as factories, warehouses, cross-docking points, etc. can significantly affect the design of distribution routes between the facilities and various demand points (Tadaros & Migdalas, 2022). Today, this integrated approach, while aiming to solve the FLP, is also known as the Location Routing Problem (LRP), which simultaneously solves a VRP (Nagy & Salhi, 2007; Prodhon & Prins, 2014).

LRP is an important optimization problem used in logistics. This problem combines the need to determine both warehouse (service point) locations and optimize vehicle routes. In other words, LRP aims to plan the routes of vehicles serving a large number of customers and the locations of warehouses or service points in the most efficient way. In the classical version of LRP, known as the Capacitated LRP (C-LRP), facilities share a homogeneous fleet of vehicles. The solution is obtained by determining which facilities to open, which facility should serve each customer, and designing routes to serve all customers. Additionally, various constraints must be considered. These constraints indicate that facilities and vehicles have specific capacities. In other

words, the total demand of customers assigned to a facility should not exceed the facility's capacity. Similarly, the total demand of customers served by a vehicle should not exceed the vehicle's capacity. Each vehicle performs at most one route, split deliveries are not allowed, each vehicle's route starts and ends at the same facility. LRP has applications in areas such as waste management, disaster relief, perishable product supply chains, inventory, reverse logistics, postal services, and more (Tadaros & Migdalas, 2022).

In routing problems in the literature, distribution networks are typically treated as simple graphs where there is a single edge between two consecutive nodes. Each edge of the graph represents the shortest path (in terms of distance or time) for a possible start-destination connection (Garaix et al., 2010; Setak et al., 2015). However, in real-life applications, particularly in urban areas, alternative routes can be available to travel from one point to another, and some roads may be closed due to reasons such as traffic accidents, congestion, or roadworks. On the other hand, some routes may involve extra costs, such as toll fees. Moreover, the shortest path does not always mean the path with the least time. For example, access from one point to another can be achieved via different distances and times, either through the city or along a bypass route. Although the access via the bypass may be longer in distance, it can be achieved in a shorter time. In such cases, only considering the shortest path, or treating the problem as a simple graph, can lead to a narrowing of the solution space, a decrease in solution quality, and thus, result in exaggerated costs or incorrect conclusions, such as the absence of a suitable solution (Ticha et al., 2017; Ticha et al., 2018). Therefore, flexibility may be required in the distribution network. Flexibility allows for the use of alternative routes to cope with these unexpected situations. This way, operations are less affected, and deliveries can be made on time and efficiently.

The first authors to propose an alternative modeling approach called multi graph representation to address this issue are Baldacci et al. (2006) and Garaix et al. (2010) (Ticha et al., 2019b). In the literature, studies that consider multi graph networks in routing problems are quite limited, and are generally focused on the VRP. A detailed literature review revealed no studies on the LRP that take alternative routes into account. LRP involves long-term strategic decisions, which are more difficult to alter compared to vehicle routes, and requires more information to be considered in the planning. A solution that minimally affects operations and does not disrupt deliveries in the face of any disruptions in the distribution network may be required. In this study, to address this issue, a flexible modeling approach incorporating alternative routes is proposed for

the Multi Graph Location Routing Problem (MG-LRP), in the form of a Mixed Integer Linear Programming (MILP) model. The objective of the problem is to minimize the total cost, which includes the setup cost of warehouses, fixed costs of vehicles, and variable costs (travel costs), by determining the location and routing decisions. To demonstrate the applicability of the model, two separate datasets with distribution networks and alternative routes between nodes were used, and optimal results were obtained. Furthermore, sensitivity analyses were performed on two scenarios, where only a single path exists between two nodes, to explore the impact of considering alternative routes on the optimal solutions. The distances between nodes were chosen as the shortest path in Scenario 1 and randomly in Scenario 2. When the results of the MG-LRP model were compared with Scenario 1, no difference in optimal results was observed. In other words, in both models, warehouse locations, vehicle routes, and total costs were the same. This result is a natural outcome of the MG-LRP model selecting the shortest route between two points from the alternative routes. However, when the results of the MG-LRP model were compared with Scenario 2, it was observed that the MG-LRP model was able to meet customer demands at a lower cost. When the models were compared in terms of solution times, it was observed that having multiple paths between nodes in the distribution network expanded the solution space, thus leading to longer solution times.

Consequently, it can be stated that considering alternative routes in the distribution network can provide flexibility and operational efficiency in location and routing decisions in the face of any disruptions, but it will require longer solution times.

In future studies, various assumptions such as time windows, route duration, and heterogeneous vehicle fleets can be considered. Additionally, heuristic and/or metaheuristic methods could be proposed for solving large-scale problems.





Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 317-337, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>


Original Article / Araştırma Makalesi


Received / Alınma: 30.11.2024 Accepted / Kabul: 27.01.2025

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1594118>

Is the Feldstein-Horioka Puzzle Valid in OECD Countries?

Ceren PEHLİVAN^a, Özge KORKMAZ^b

^a Assist. Prof., Munzur University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of International Trade and Business, Tunceli, TÜRKİYE  <https://orcid.org/0000-0001-5632-2955>

^b Assoc. Prof., Turgut Özal University, Faculty of Social Sciences and Humanities, Department of Management Information Systems, Malatya, TÜRKİYE  <https://orcid.org/0000-0001-9275-1271>

Abstract

Investments and savings are regarded as critical components in the evolution of economic performance. Both are employed to stimulate economic development and growth. Based on international capital movements, the Feldstein-Horioka puzzle investigated the relationship between savings and investment. The validity of the Feldstein-Horioka puzzle was investigated in this investigation for the years 1990-2021, covering OECD countries.

Keywords

Feldstein-Horioka
Puzzle, Saving,
Investment, Westerlund
(2007) Cointegration
Test

JEL Kodu

E20, E22, F21

Contact Ceren PEHLİVAN ✉ pehlivanceren2@gmail.com 📧 Munzur University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of International Trade and Business, Tunceli, TÜRKİYE

Citation Pehlivan, C. & Korkmaz, Ö. (2025). Is the Feldstein-Horioka puzzle valid in OECD countries?. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 317-337.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Feldstein-Horioka Bulmacası OECD Ülkelerinde Geçerli mi?

Öz

Yatırımlar ve tasarruflar ekonomik performansın gelişiminde kritik bileşenler olarak kabul edilmektedir. Her ikisi de ekonomik kalkınmayı ve büyümeyi teşvik etmek için kullanılmaktadır. Feldstein-Horioka bulmacası, uluslararası sermaye hareketlerini temel alarak tasarruf ve yatırım arasındaki ilişkiyi incelemiştir. OECD ülkelerini kapsayan bu çalışmada Feldstein-Horioka bulmacasının geçerliliği 1990-2021 yılları için araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Feldstein-Horioka Bulmacası, Tasarruf, Yatırım, Westerlund (2007) Eşbütünleşme Testi

JEL Kodu

E20, E22, F21

1. Introduction

Following the liberalization of the economy after 1980, capital movements became free. The degree of capital mobility has been regarded as an essential factor in assessing the macroeconomic situation and determining policy measures. Private investments can be more easily excluded when governments have a structure with high public deficits. Because of the inactivity of the capital, national resources can prevent the entry of foreign capital into the country (Lapp, 1996).

Investments are essential in boosting growth rates in developed and developing countries. Savings are an effective argument for increasing investments in the growth process. Especially after the 1980s financial liberalization, countries invested with domestic and foreign savings (Pehlivan, 2022). Savings-backed investments can drive economic growth. To boost economic growth in these countries, it will be necessary to strengthen the investment environment, boost corporate confidence, and enact policies that stimulate entrepreneurship. Investing in infrastructure, education, and technology may assure long-term, sustainable economic growth. This conclusion underscores the importance of these countries considering the relationship between savings and investment when developing policies that direct international investments and foreign economic ties. While assessing the impact of foreign investments on the country's economic growth, local savings rates can assure balanced and sustainable economic growth (Gül & Acar, 2016).

Investments have an essential role in developing a country's growth performance. Savings are viewed as a powerful tool for the development of investments. As a result of financial deregulation after 1980, countries began to invest using domestic and international savings. Türkiye began to adopt similar reform moves in 1989 as well. Many new financial policies have

been implemented since the end of exchange control (Oktayer & Susam, 2007). Due to the liberalization in Türkiye's financial structure, the starting year of our study was determined as 1990.

The lifting of constraints on capital movements following globalization movements resulted in capital liberalization in the international arena. Investments and savings both play essential roles in maintaining economic growth. Domestic investments and domestic savings are likely to have a low association if capital flows are fully mobile. This suggests that higher investment rates in countries with open policies will lead to increased overseas investment (Çağlayan Akay & Türküz, 2016).

If the globe has complete capital mobility, there will be no relationship between domestic savings and domestic investments. In countries with full capital mobility, domestic investments will be financed by global capital, and domestic savings will be opened to the globe for more appealing investment options. Feldstein and Horioka attempted to reveal the degree of capital mobility in the context of the savings-investment relationship in their research using empirical findings from OECD countries. It generated data that contradicted the capital mobility hypothesis, with the majority of domestic savings remaining in the country. The findings of this study piqued the interest of many academics in the subject, resulting in the creation of substantial literature on the savings-investment link (Şeyranlioğlu, 2023).

Many theories and predictions have been advanced and discussed in the economic literature in the aftermath of globalization and liberalization. The Feldstein-Horioka puzzle, proposed by Feldstein and Horioka, has been one of the most studied topics in literature. Domestic investments can be financed by a worldwide pool of savings in an economy with full capital mobility, and domestic savings seek global investment opportunities with the highest return. Feldstein and Horioka used this inference to conduct a cross-sectional analysis. The study found domestic savings and investment were strongly related, and the relationship did not weaken over time. This demonstrates that capital in OECD countries is immobile. The findings strongly contradict the excellent situation of capital mobility achieved in industrialized countries due to financial market deregulation and the liberalization of capital controls. The F-H puzzle is the name of this contradiction (Yildirim & Orman, 2018).

Based on a regression of investment in savings for OECD nations from 1960 to 1974, Feldstein and Horioka allege the absence of perfect capital mobility. According to Feldstein and Horioka, the slope parameter on saving significantly differs from zero but not from one, implying that domestic investment primarily depends on domestic saving. Feldstein and Horioka interpret these findings as long-run capital immobility and poor integration of foreign capital markets. This so-called Feldstein-Horioka problem has sparked numerous discussions about international capital mobility (Ko & Funashima, 2016).

Feldstein and Horioka's 1979 study attempted to explain the relationship between domestic savings and investment in OECD countries. In this investigation, the equational representation of the relationship between domestic savings and investment is as follows:

$$(I/Y)_i = \alpha + \beta(S/Y)_i \quad (1)$$

The $(I/Y)_i$ value represents the ratio of gross domestic investment to GDP in country i , while the $(S/Y)_i$ value represents the ratio of gross domestic savings to GDP in country i . The value in the equation represents the constant term. The value is explained as the savings rate coefficient value. Furthermore, it was stressed that the β coefficient in the equation should have a value between 0 and 1. A value close to one indicates that capital mobility is low. In other words, there is a strong correlation between domestic savings and investments (Frankel, 1979).

The validity of the Feldstein-Horioka puzzle in OECD countries was investigated using panel cointegration analysis. For the subject, a study covering 1990-2021 was conducted, which was investigated theoretically and empirically. The first section of the survey provides theoretical information about the subject. Following that, a literature review on the subject was conducted. The study's empirical findings are presented and interpreted in the final section. The study is expected to contribute to the literature because of how it is handled, the use of current techniques, the chosen country group, and the time period. The research effort attempted to answer the following questions and add to the literature:

- 1) Based on recent analyses and data, Is the F-H puzzle still valid for OECD countries?
- 2) In which OECD nations is the F-H puzzle valid, and how?

The initial part of the study provides background information on the subject. The second section contains studies on the subject. The final section uses empirical analysis to determine whether the F-H puzzle is valid for OECD countries.

2. Literature

The Feldstein-Horioka puzzle has been studied using time series or panel analysis. Studies on the F-H puzzle expanded after 1990. Over time, different variables have been added to the theory's primary variables: domestic savings and domestic investment. The subject's scope has been broadened, and the F-H puzzle has been investigated over multiple periods. The time series and panel analyses for the F-H puzzle were studied independently while researching the literature for this work. The following time series studies are examined:

Alan Hussain et al. (2011) researched the Pakistan economy. They examined the connection between domestic investments and savings from 1972 to 2008. The two variables employed in the study, for which time series analysis was applied, were shown to have a short—and long-term relationship.

The effectiveness of the Feldstein-Horioka puzzle in the Mexican economy was investigated by Alan Ríos et al. (2021). The study, which conducted time series analyses for 1950–2017, demonstrates that capital mobility did not exist before 1982. This indicates that up until 1982, there was a solid saving-investment relationship before it started to deteriorate. The findings contradicted the preexisting paradox.

Esen et al., (2012) used ARDL analysis to evaluate the validity of the Feldstein-Horioka puzzle in their study for Türkiye. A study was undertaken during the years 1975-2009. The investigation revealed that the Feldstein-Horioka hypothesis is correct for the Turkish economy.

Gómez et al. (2015) used time series analysis to investigate the relationship between domestic savings and domestic investments in the Colombian economy. The investigation, which spanned from 1925 to 2011, discovered cointegration between investment and savings during the study period. According to the study, rises in domestic savings rates restrict the movement of financial capital in Colombia.

In their investigation of the Turkish economy, Akadiri et al.(2016) used time series analysis to evaluate the relationship between domestic savings and domestic investments. From 1960 to

2014, the investigation discovered a long-term association between the series and a catastrophic structural breach in 1993. Furthermore, the study used the cointegration test to conclude that there is considerable capital mobility in Türkiye.

In their study for Türkiye, Caglar & Yavuz (2017) conducted research for the years 1960-2016. The DOLS test revealed the coefficients of the study variables used in the ARDL analysis. The investigation revealed that the Feldstein-Horioka puzzle was appropriate for Türkiye within the time frame considered.

Yildirim and Koska (2018) investigated the validity of the Feldstein-Horioka puzzle in Türkiye between 1960 and 2014. Throughout the period under study, the Turkish economy's political and economic issues impacted domestic savings and investments. The research revealed a link between the variables, which fluctuated in strength at different times.

Akadiri et al. (2020) used a range of variables in their inquiry for Nigeria to assess the validity of the Feldstein-Horioka puzzle. In addition to domestic savings and investments, the study also considered variables like globalization, real income, foreign direct investments, and urbanization. While domestic savings, real income, and foreign direct investments positively affected domestic investments, the study, which covered the years 1981–2018, revealed that globalization and urbanization had both short- and long-term negative consequences.

In his study for Türkiye in 2020, Akkoyunlu (2020) employed the Feldstein-Horioka puzzle to examine the connection between domestic savings and domestic investment. The relationship between the study's variables was explored by dividing the data set into three sub-periods: 1950–2017, 1950–1989, and 1990–2017. The F test showed that the variables were positively correlated from 1950 to 1989, which was the time of restrained capital mobility. According to the study, the parameters did not significantly correlate across the entire capital mobility period (1990–2017).

Pehlivan (2022) conducted research for Türkiye from 1990 to 2019. The study examined the relationship between domestic savings and domestic investments through time series analysis. According to FMOLS (Full Adjusted Least Squares Method) and DOLS (Dynamic Least Squares Method) data, international savings significantly impact investments.

Some of the studies conducted in panel analysis were examined as follows:

Sachs (1982) investigated the effectiveness of the Feldstein-Horioka puzzle for OECD countries in their study. The current account balance variable was included in the model during the investigation, and an analysis was performed. It has been discovered that the current account balance affects investing due to the factors stated.

Fujiki & Kitamura (1995) used panel analysis to analyze the Feldstein-Horioka puzzle for 23 different countries. The variables of domestic net savings, domestic net investment, and GDP were analyzed in the study. Due to the heterogeneities between the countries described in the Feldstein-Horioka paradox, strong results could not be obtained due to the investigation.

In their research published in 1998, Vamvakidis & Wacziarg evaluated the Feldstein-Horioka puzzle's applicability in OECD nations. The data covering 1970–1993 shows a strong correlation between domestic investment rates and savings across OECD nations.

Corbin (2001) used panel analysis in his study of OECD nations to assess the value of the Feldstein-Horioka puzzle. The study spans the years 1885 through 1992. The investigation has led to the acceptance that, rather than low capital mobility, a high estimated savings-investment coefficient may be caused by the presence of specific individual country effects.

Fouquau et al. (2008) used a panel analysis to demonstrate whether the Feldstein-Horioka puzzle is valid for 24 OECD countries. The study determined a link between the factors evaluated from 1960 to 2000.

Balavac (2011) investigated the Feldstein-Horioka puzzle in transition economies. His study, which spanned 1995 to 2007, used panel analysis to evaluate the puzzle's validity. The puzzle was found to be valid in transition economies over the time period studied.

Yalcinkaya & Huseyni (2016) investigated the relationship between domestic savings and domestic investment in 28 OECD nations. The Feldstein-Horioka puzzle was the foundation for research from 1980 to 2013. The panel test investigation classified 19 nations with a savings surplus and nine countries with a savings deficit as two distinct categories. Furthermore, a third group was constructed in the study without considering the savings-investment balance of 28 nations and was treated in this manner in the analyses. The analysis found that the domestic savings parameter was positive and statistically significant in countries in the OECD-9, 19, and 28 groups, as expected.

Suruga & Rahman (2016) studied the SAARC economies from 1980 to 2013. The FEM (Fixed Effect Model), REM (Random Effect Model), and POLS (Pooled Model) tests, which are panel estimators, were utilized in the study, and it was concluded that both gross savings and trade openness had a favorable effect on domestic investments.

Tuncsiper & Bicen (2016) used panel analysis to investigate the validity of the Feldstein-Horioka puzzle in E7 countries. The study, which spanned 1990 to 2014, employed SUR analysis. The investigation discovered that the problem was invalid in Mexico, Russia, Türkiye, and Brazil but valid in Indonesia, India, and China.

Pata (2018) carried out a study for the E7 nations. Between 1989 and 2015, the validity of the Feldstein-Horioka puzzle was investigated using panel cointegration and causality approaches. The CCMEG (Common Correlated Effects Mean Group) and AMG (Augmented Mean Group) estimators provide long-term Feldstein-Horioka puzzle panel coefficients of 0.792 and 0.758, respectively. The Feldstein-Horioka puzzle was valid in all E7 nations in the investigation.

Duran & Ferreira-Loper (2023) studied 13 major economies. The writers employed panel analysis in their investigations. The panel GMM (Generalized Method of Moments) estimator was used to interpret the coefficients of the variables for the nations in the research, which spanned the years 1996 to 2016. The global financial crisis has been proven to affect capital liberalization negatively. The analyses indicated that the Feldstein-Horioka puzzle was resurrected, and capital mobility declined during the 2008/2009 recession.

The Feldstein-Horioka puzzle has been studied in the literature from various angles, particularly the panel and time series. In this study, the validity of the Feldstein-Horioka puzzle in OECD countries is investigated using long-run relationship estimation methods. The period following 1990, when Türkiye's financial reform began, was discussed for the subject. A study was undertaken that explored both theoretically and empirically the years 1990–2021. The study is intended to contribute to the literature because of how it is handled, the use of contemporary procedures, the chosen country group, and the historical period. Other variables may be neglected when examining the relationship between savings and investing. This can give analysts more detailed knowledge than a simple correlation between two variables. This strategy can be used to further assess the link between variables and obtain more reliable results.

3. Data, Model, and Methods

The study will examine whether the Feldstein-Horioka hypothesis is valid for OECD countries between 1990 and 2021. The data regarding the variables were obtained annually from the World Bank database. The study has three subgroups ($N=38$, $N_1 = 19$, $N_2 = 19$) and a 32-year ($T=32$) data set. The first group (N_1) consists of Australia, Austria, Belgium, Canada, Switzerland, Chile, Colombia, Costa Rica, Czech Republic, Germany, Denmark, Spain, Estonia, Finland, France, England, Greece, Hungary, and Ireland. The second group (N_2) consists of Iceland, Italy, Israel, Korea, Japan, Lithuania, Latvia, Luxembourg, Mexico, Norway, Netherlands, New Zealand, Portugal, Poland, Slovakia, Sweden, Slovenia, Türkiye, and the USA. This distinction is based on the levels of economic development, geographical proximity, and the findings of similar studies in the literature. In addition, the first group generally consists of high-income and developed countries. These countries tend to have high savings and investment rates. The second group includes middle- and high-income, economically developing, or transition economies. The countries in the first group have more developed and integrated financial markets and stand out regarding the freedom of capital movements and the depth of financial markets. The countries in the second group represent economies where financial markets are less developed or in transition. These countries may have more restrictions on capital movements and less depth in financial markets. In the first group of countries, the relationship between investment and savings rates is generally stronger and more stable. Capital markets and financial institutions are more developed in these countries, which makes investment and savings decisions more predictable. The relationship between investment and savings rates may be more variable in the second group of countries due to economic instabilities and transition processes. These countries show differences in investment and savings behaviors. Following the studies of Feldstein and Horioka (1979), the following model will be estimated in this study:

$$(I/Y)_i = \alpha + \beta(S/Y)_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

Here, I/Y is the dependent variable and indicates the share of gross investments in the relevant period in GDP. S/Y is the independent variable of the model and indicates the ratio of gross savings to GDP in the relevant period. α is the constant term, β is the savings retention rate, and ε is the error term.

The literature shows that grouping countries according to their economic development levels and financial market structures provides more consistent and meaningful results in testing the Feldstein-Horioka hypothesis. Therefore, dividing the countries into two groups allows us to evaluate the validity of the hypothesis more accurately. Based on these economic foundations, dividing the countries into two groups increases the model's effectiveness and ensures the results' reliability and validity. The main reason for dividing the countries into two groups is to create more homogeneous groups by taking into account economic, geographical, and regional similarities. In this way, it is aimed to increase the effectiveness of the econometrics method and to obtain more consistent results.

4. Findings

The study was first aimed to provide summary statistics of the variables on a country basis, and the relevant findings are presented in Table 1.

Table 1

Summary Statistics

Countries	Variables	Mean	Maximum	Minimum	Standard Deviation
Australia	Investment	0.261	1.001	0.0001	0.39
	Saving	21.99	25.82	18.17	1.54
Austria	Investment	1.42	2.01	0.74	0.36
	Saving	26.43	29.13	23.42	1.13
Belgium	Investment	0.305	0.508	-0.06	0.13
	Saving	25.93	28.77	23.5	1.14
Canada	Investment	0.52	0.906	0.12	0.19
	Saving	20.42	24.61	14.104	2.75
Chile	Investment	2.17	2.79	1.66	0.31
	Saving	23.14	27.73	19.78	2.02
Columbia	Investment	1.63	4.54	-2.106	1.66
	Saving	17.02	22.96	12.63	2.57
Costa Rica	Investment	1.61	3.56	0.93	0.608
	Saving	15.04	19.35	13.09	1.39
Czech Republic	Investment	2.17	5.53	1.16	0.82
	Saving	27.34	31.27	22.46	2.35
Denmark	Investment	1.65	2.54	0.61	0.51
	Saving	25.91	31.65	21.64	2.98
Estonia	Investment	3.69	4.903	2.21	0.71
	Saving	23.83	29.86	13.32	4.091
Japan	Investment	1.28	1.55	0.76	0.16
	Saving	31.06	45.95	24.89	5.57

Korea	Investment	1.406	2.31	0.82	0.44
	Saving	35.46	39.03	31.45	2.01
Latvia	Investment	3.06	5.35	1.21	1.35
	Saving	19.57	30.29	12.22	4.75
Lithuania	Investment	2.22	3.72	1.25	0.53
	Saving	16.39	23.08	10.51	3.13
Luxembourg	Investment	2.38	3.17	0.94	0.46
	Saving	26.46	36.85	11.8	6.64
Mexican	Investment	0.55	1.17	-0.16	0.32
	Saving	21.96	24.99	16.44	1.98
Netherlands	Investment	1.33	1.94	0.49	0.42
	Saving	28.07	31.79	25.7	1.59
New Zealand	Investment	2.79	11.97	-4.29	3.65
	Saving	57.2	173.8	15.71	59.3
Norway	Investment	2.362	3.68	1.51	0.56
	Saving	33.6	41.88	24.9	5.1
Poland	Investment	1.63	3.14	0.17	0.66
	Saving	18.8	21.7	14.34	2.09
Finland	Investment	1.68	2.51	0.904	0.39
	Saving	24.86	31.96	16.97	4.07
France	Investment	1.54	2.08	0.78	0.34
	Saving	22.56	24.49	20.97	0.99
Germany	Investment	0.56	0.83	-1.81	0.44
	Saving	25.39	29.79	21.79	2.63
Greece	Investment	3.65	5.82	0.67	1.23
	Saving	13.94	35.08	-1.7	8.15
Hungary	Investment	2.54	4.72	1.201	1.02
	Saving	20.15	27.66	11.87	4.40
Iceland	Investment	1.68	2.55	0.74	0.39
	Saving	16.27	24.03	1.55	5.86
Ireland	Investment	1.13	2.239	0.40	0.48
	Saving	26.74	37.38	15.32	5.87
Israel	Investment	0.79	1.46	0.32	0.29
	Saving	22.93	29.71	19.91	2.18
Italy	Investment	0.98	1.54	-0.02	0.29
	Saving	20.23	22.52	17.27	1.49
Japan	Investment	1.286	1.55	0.76	0.16
	Saving	31.06	45.95	24.89	5.57
Portugal	Investment	1.87	3.67	-1.43	1.41
	Saving	17.85	28.00	10.61	4.46
Slovakia	Investment	3.02	5.46	1.002	1.18
	Saving	22.73	25.36	18.05	1.96
Slovenia	Investment	2.46	3.46	1.82	0.36
	Saving	24.93	28.72	20.36	2.00
Spain	Investment	1.05	1.83	-0.11	0.48
	Saving	21.10	23.62	17.85	1.59
Sweden	Investment	2.02	3.18	-0.55	0.83

	Saving	26.53	32.55	16.05	3.98
Switzerland	Investment	0.869	1.12	0.60	0.13
	Saving	35.31	40.91	29.18	2.72
Türkiye	Investment	2.01	4.51	1.07	1.03
	Saving	22.99	30.15	18.18	2.86
England	Investment	1.41	2.07	0.61	0.32
	Saving	14.52	16.87	11.67	1.41
USA	Investment	1.05	1.93	0.22	0.61
	Saving	18.56	21.37	13.82	1.74

In Table 1, the highest mean value belongs to Estonia for the investment variable and to New Zealand for the saving variable. Among all countries, it was observed that both variables had the minimum standard deviation value in Belgium, while it was determined that only the investor variable had the minimum standard deviation value in Switzerland. Finally, it was concluded that both investment and saving variables had the maximum standard value in New Zealand.

In the study, it was first aimed to investigate whether there was cross-sectional dependence in the variables. The findings obtained separately for the three groups are given in Table 2.

Table 2

Cross-Sectional Dependency Test Results for Variables

N=38				
Variable	Breusch-Pagan LM	Pesaran scaled LM	Bias-corrected scaled LM	Pesaran CD
Saving	3603.559*** (0.0000)	80.48862*** (0.000)	79.89185*** (0.0000)	13.58638*** (0.000)
Investment	3214.518*** (0.0000)	69.82896*** (0.0000)	69.23218*** (0.0000)	5.498533** (0.0340)
N1=19				
Variable	Breusch-Pagan LM	Pesaran scaled LM	Bias-corrected scaled LM	Pesaran CD
Saving	789.2950*** (0.0000)	33.43356*** (0.0000)	33.12711*** (0.0000)	9.147187*** (0.00000)
Investment	904.1145*** (0.0000)	39.64229*** (0.0000)	39.33584*** (0.0000)	5.974101** (0.0300)
N2=19				
Variable	Breusch-Pagan LM	Pesaran scaled LM	Bias-corrected scaled LM	Pesaran CD
Saving	1297.629*** (0.0000)	60.92113*** (0.0000)	60.61468*** (0.0000)	5.308294** (0.0000)
Investment	737.8665*** (0.0000)	30.65263*** (0.0000)	30.34618*** (0.0000)	5.625042** (0.0342)

Note. Significant values are represented by the symbols *, **, and *** for 10%, 5%, and 1%, respectively

As is known, cross-sectional dependence is expressed as the relationship between the error terms in each equation (Baltagi, 2005). According to the Breusch-Pagan (Lagrange Multiplier-LM) test results used to test the existence of cross-sectional dependence for the models considered in the two subgroups investigated in the study, it was determined that cross-sectional dependence existed in the variables. The CADF test's structure differs from that of the normal ADF unit root

test. In this exam, we discover the prolonged status of the delay levels using cross-sectional averages and the initial differences in the individual series. The cross-sectional augmented IPS (CIPS) test provided novel asymptotic conclusions for both individual CADF statistics and their simple averages. In the application of the CADF test, unlike the previous test, it was determined that the first difference of the ADF regression was not the correlation between units. Hypotheses of the test; It is formed as $H_0: \beta_i = 0$ (There is a unit root) and $H_1: \beta_i < 0$ (There is no unit root). The basic equation is as follows; (Pesaran, 2007).

$$y_{it} = (1 - \phi_i)\mu_i + \phi_i y_{i,t-1} + u_{it} \quad (3)$$

At this stage of the study, the second generation unit root test, which takes into account the cross-sectional dependency, was used to investigate stationarity. The findings obtained are presented in Table 3.

Table 3

Unit Root Test Results

N=38			
Variable	CIPS Test Statistic	CV 5%	CV 10%
Investment	0.496 (0.690)	-2.110	-2.050
Saving	1.910 (0.972)		
Δ Investment	-18.841*** (0.0000)		
Δ Saving	-9.528*** (0.0000)		
N1=19			
Variable	CIPS Test Statistic	CV 5%	CV 10%
Investment	-1.667 (0.684)	-2.110	-2.050
Saving	-1.731 (0.572)		
Δ Investment	-4.471*** (0.0000)		
Δ Saving	-4.351*** (0.0000)		
N2=19			
Variable	CIPS Test Statistic	CV 5%	CV 10%
Investment	-1.680 (0.662)	-2.110	-2.050
Saving	-1.807 (0.432)		
Δ Investment	-4.082*** (0.000)		
Δ Saving	-4.326*** (0.000)		

Note. Significant values are represented by the symbols *, **, and *** for 10%, 5%, and 1%, respectively.

According to the findings obtained from Table 3, we decided that all variables for N, N1 and N2 were stationary at the first difference. And then, we investigated the homogeneity and cross-sectional dependence of the models and presented the findings in Table 4.

Table 4

Homogeneity and Cross-Sectional Dependency Test for Model

	N=38	N1=19	N2=19
Swamy	5193.38*** (0.0000)	3167.09*** (0.0000)	1429.01*** (0.0000)
Δ	14.037*** (0.0000)	10.681*** (0.0000)	9.082*** (0.0000)
$\bar{\Delta}$	14.746*** (0.0000)	11.220*** (0.0000)	9.540*** (0.0000)
Breusch-Pagan LM	3083.269*** (0.0000)	959.7957*** (0.0000)	681.9127*** (0.0000)
Pesaran scaled LM	66.23277*** (0.0000)	42.65319*** (0.0000)	27.62699*** (0.0000)
Pesaran CD	2.335115** (0.0195)	5.055140** (0.0400)	5.575177** (0.0352)

Note. Significant values are represented by the symbols *, **, and *** for 10%, 5%, and 1%, respectively.

In case of cross-sectional dependency and heterogeneity in parameters, Westerlund (2007) cointegration test can be used to investigate the long-term relationship between variables. The intent is to evaluate the long-term relationship between the series using the panel cointegration approach published by Westerlund in 2007. If the test series are cross-sectionally dependent, the findings will be significant. The primary assumption of this test is that the dependent variable is stable at the I(1) level, and if the independent variables are stationary at the I(1) or I(0) levels, panel cointegration analysis is done. In addition, this test considers common criteria (Westerlund, 2007). In the study, long-term relationship was investigated separately for three groups and the findings are presented in Table 5.

Table 5

Westerlund (2007) Cointegration

N=38			
	Value	P-Value	Bootstrap P-Value
Gt	-6.536***	0.000	0.000
Ga	-3.931***	0.000	0.000
Pt	-6.585***	0.000	0.000
Pa	-13.817***	0.000	0.000
N1=19			
	Value	P-Value	Bootstrap P-Value
Gt	-2.592	0.000	0.200
Ga	-10.188	0.008	0.590
Pt	-11.080	0.000	0.490

Pa	-15.378	0.000	0.140
N2=19			
	Value	P-Value	Bootstrap P-Value
Gt	-2.519	0.000	0.270
Ga	-11.127	0.001	0.840
Pt	-8.669	0.013	0.510
Pa	-10.386	0.000	0.570

In case of heterogeneity from the Westerlund (2007) test results, Gt and Ga statistics are taken into account. In addition, bootstrap p-value gives more reliable results than p-value. While interpreting the findings obtained from the study, bootstrap p-value values were taken into account. According to the results of Table 5, there is a long-term relationship between the variables for the N sample group. However, there is no long-term relationship between the variables for the N1 and N2 sample groups. After determining the existence of the long-run relationship for the N, we wanted to estimate the long-run coefficients and used the DOLSMG estimator to estimate the long-run coefficients. The DOLSMG test, which takes into account cross-sectional dependence, can be used to estimate the long-run coefficients (Tatoğlu, 2018). The estimation of the long-run relationship between the series was analysed using the Dynamic Ordinary Least Squares Mean Group (DOLSMG) estimator, which takes into account parameter heterogeneity. The DOLSMG estimator, developed by Pedroni (2001), is robust to cross-sectional dependence and provides more efficient results by providing reliable results for heterogeneous panels (Ozbay and Duyar, 2022; Celik et al., 2024). The results are given in Table 6.

Table 6

Long-Term Coefficient

	Australia	Austria	Belgium	Canada	Switzerland	Chile
β_1	-0.1396***	0.1346***	-0.04953*	-0.03332***	-0.01393	-0.06723*
t-statistic	-4.498	4.156	-1.851	-3.066	-0.8572	-1.958
	Colombia	Costa Rica	Czech Republic	Germany	Denmark	Spain
β_1	-0.07782	0.08778	0.09908	0.01393	0.08142***	-0.0805
t-statistic	-0.6015	1.058	0.3793	0.7257	3.144	-1.037
	Estonia	Finland	France	United Kingdom	Greece	Hungary
β_1	-0.01309	0.02228	0.06278	0.01932	0.1371	0.08979
t-statistic	-0.4566	0.8999	1.361	0.4191	6.881	2.171
	Ireland	Iceland	Israel	Italy	Japan	Korea, Rep.
β_1	0.01991	0.0445***	-0.09963***	-0.1255***	0.03297**	0.05746
t-statistic	0.651	3.847	-4.336	-2.811	2.531	0.7271
	Lithuania	Luxembourg	Latvia	Mexico	Netherlands	New Zealand
β_1	0.02777	0.02357	0.1266***	-0.069*	0.04086	0.01249
t-statistic	0.7489	1.472	3.108	-1.673	0.8005	0.8621
	Poland	Portugal	Slovak Republic	Slovenia	Sweden	Türkiye
β_1	0.1106	0.1492	-0.1632	-0.07127*	0.06431**	0.1424*
t-statistic	0.595	1.064	-0.8039	-1.739	2.477	1.946
	United States	All Panel				

β_1	0.1649	0.0206***				
t-statistic	1.405	2.916				

Note. β_1 represents the coefficient of savings retention rate. The t table value are 1.646; 1.962 and 2.584 for 10%, 5% and 1% significance level, respectively. And also the significant values are represented by the symbols *, **, and *** for 10%, 5%, and 1%, respectively.

The coefficient analysis revealed theoretical relationships between the values of Australia, Austria, Belgium, Canada, Chile, Denmark, Iceland, Israel, Italy, Japan, Latvia, Mexico, Slovenia, Sweden, Türkiye, and the All Panel. Countries with valid theories or a high savings-investment link can be explained by disparities in financial integration and economic architecture. The link between savings and investments in various countries may differ based on capital mobility and local economic circumstances. The fact that these countries are developed, have high capital mobility, economic institutions and policies, and engage in global economic interaction strengthens the theoretical validity.

5. Conclusion

The connection between investment and savings should be appropriately assessed while formulating economic policies. Following 1980, liberalization initiatives contributed to developing both investment and the resources required for investment. Countries have begun to see changes in areas such as growth and employment due to foreign investments and savings. After the liberalization movements, the relationship between the two factors became more important and was examined in many studies. The most notable of these was the effort that became known as the Feldstein-Horioka puzzle. Feldstein and Horioka explored the relationship between OECD countries' investment and savings. They discovered a substantial association between saving and investing due to their research.

This study provided an essential analysis of the relationship between investment and savings while accounting for the consequences of liberalization trends. This analysis, conducted primarily in OECD countries, provides economic policymakers with a valuable viewpoint. Understanding the impact of liberalization movements on economic dynamics is crucial for more effective economic policy creation and implementation. This study helps economic policymakers make more mindful judgments by discussing the relationship between investment and savings in the current setting. This analysis can potentially add to the economic literature and shed light on future policy changes.

Within the framework of the basic hypothesis, the Feldstein-Horioka puzzle was investigated for OECD countries in this study. The literature from which the variables in the study were determined was considered. Especially in the literature, Esen et al. (2012), Suruga & Rahman (2016), Pata (2018), and Akadiri et al. (2020) studies were used. Its goal is to investigate the fundamental hypothesis using current data and analysis methodologies. The data set is divided into two groups based on economic development, geographical proximity and literature findings: The first group consists of high-income and developed countries and the second group consists of developing or transition economies. The findings for Colombia, Hungary, Sweden, Latvia, and Türkiye were both positive and statistically significant. The Feldstein-Horioka puzzle is valid in Colombia, Hungary, Sweden, Latvia, and Türkiye. Increasing the number of variables to be examined in future studies and examining the Feldstein-Horioka puzzle using alternative analysis approaches will add to the body of knowledge.

The results obtained were analyzed in the literature by Hussain et al. (2011), Esen et al. (2012), Akadiri et al. (2016), Sachs (1982), Vamvakidis & Wacziarg (1998) and Duran & Ferreira-Loper (2023). According to the findings of this study, there is a substantial, significant, and positive association between savings and investment in countries such as Colombia, Hungary, Sweden, Latvia, and Türkiye. This result has serious implications for economic policymakers. The positive link observed provides economic policymakers with a crucial indication that the increase in savings in these countries can be supported by an increase in investment. Increasing savings rates and diverting these funds to local investments to support economic growth can help these countries' economic development. At this juncture, it is critical to frame public policies, tax rules, and incentive measures in ways that encourage savings.

The findings of this study can serve as a foundation for future, more detailed analyses and economic modeling. Studies in different sectors, across different time periods, and with larger data sets can help us gain a better understanding of the relationship between savings and investment. These findings can be utilized to improve the formulation and implementation of economic policies in the future, thereby contributing to the economic development of these countries. This type of study can provide a scientific foundation for decision-makers in capital policy planning and implementation. It can also aid in the creation of effective methods for managing capital phenomena. This study was designed especially for OECD countries, and more thorough investigations are required to explore the F-H puzzle link in a broader context. However, this study

is an essential step in understanding the relationship between F-H puzzle components and demonstrating the effect of regional characteristics.

Declaration of Research and Publication Ethics

This study which does not require ethics committee approval and/or legal/specific permission complies with the research and publication ethics.

Researcher's Contribution Rate Statement

The authors contributed equally to the article.

Declaration of Researcher's Conflict of Interest

There are no potential conflicts of interest in this study.

References

- Akadiri, S. S., Apinran, M. O., & Usman, N. (2020). New insight into Feldstein and Horioka paradox: analyzing the mediating roles of globalization, urbanization, and foreign direct investment. *Journal of Public Affairs*, 22(2), 1–13. <https://doi.org/10.1002/pa.2472>
- Akadiri, S. Saint, Ahmed, I. I., Usman, O., & Seraj, M. (2016). The Feldstein-Horioka paradox, a case study of Turkey. *Asian Economic and Financial Review*, 6(12), 744–749. <https://doi.org/10.18488/journal.aefr/2016.6.12/102.12.744.749>.
- Akkoyunlu, S. (2020). Revisiting the Feldstein-Horioka Puzzle for Turkey. *Journal of Applied Economics*, 23(1), 129–148. <https://doi.org/10.1080/15140326.2020.1711592>.
- Balavac, M. (2011). The Role of Remittances in the Explanation of Feldstein-Horioka Paradox: Evidence from Transition Economies. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 24(4), 91–106. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2011.11517483>.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*. In *John Wiley & Sons*.
- Caglar, A. E., & Yavuz, E. (2017). Türkiye’de Yatırım-Tasarruf İlişkisinin Feldstein-Horioka Paradoksu Çerçevesinde Analizi: Farklı Tipte Eşbütünleşme Yaklaşımları. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Ensti Tüsü Dergisi Pamukkale*, 31, 143–152.
- Çağlayan Akay, E., & Türküz, E. (2016). Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Feldstein-Horioka Bulmacasının Analizi. *EconWorld2016@ ImperialCollege Proceedings*, 1–18.
- Celik, A., Kostekci, A., & Alola, A. A. (2024). Carbon neutrality implication of material productivity, total factor productivity and renewable energy uptake in the Nordics. *Ecological Indicators*, 160, 111813.
- Corbin, A. (2001). Country Specific Effect in the Feldstein-Horioka Paradox: a Panel Data Analysis. *Economics Letters*, 72(3), 297–302. [https://doi.org/10.1016/S0165-1765\(01\)00447-5](https://doi.org/10.1016/S0165-1765(01)00447-5)
- Duran, H. E. ., & Ferreira-Loper, A. (2023). The Revival of the Feldstein-Horioka Puzzle and Moderation of Capital Flows After the Global Financial Crisis (2008/09). *Research in International Business and Finance*, 351.
- Erdugan, F. (2012). Görünüşte İlişkisiz Regresyon Modellerinde Parametre Tahmin Yöntemleri. In *Çukurova Üniversitesi*.
- Esen, E., Yildirim, S., & Kostakoglu, S. F. (2012). Feldstein-Horioka Hipotezinin Türkiye Ekonomisi için Sınanması: ARDL Modeli Uygulaması. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 7(1), 251–267.
- Fouquau, J., Hurlin, C., & Rabaud, I. (2008). The Feldstein-Horioka Puzzle: A Panel Smooth Transition Regression Approach. *Economic Modelling*, 25(2), 284–299. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2007.06.008>

- Frankel, J. A. (1979). *Domestic Savings and International Capital Flows* (No. 310).
- Fujiki, H., & Kitamura, Y. (1995). Feldstein-Horioka Paradox Revisited. *Institute of Economic Research*, 13(1), 1–16.
- Gómez, P. Ó., Serrano, R. H., & Robledo, C. J. (2015). The Feldstein-Horioka Paradox – Evidence for Colombia during 1925–2011. *Ecos de Economía*, 19(40), 4–24.
- Greene, W. H. (2002). *Econometric Analysis of Count Data*. In *Prentice Hall* (Fifth).
- Gül, E., & Acar, S. (2016). Tasarruflar ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülke Grupları Örneği ile İncelenmesi. *Sakarya İktisat Dergisi*, 7(3), 54–78.
- Hussain, T., Mehmood, B., Siddiqi, M. W., & Sarwar, S. (2011). The Feldstein-Horioka Paradox in the Perspective of Foreign Direct Investment (FDI): A Pragmatic Validation. *African Journal of Business Management*, 5(16), 6839–6844. <https://doi.org/10.5897/AJBM10.1560>.
- Ko, J.-H., & Funashima, Y. (2016). On the Sources of the Feldstein-Horioka Puzzle across Time and Frequencies. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 81(4), 889–910.
- Lapp, S. (1996). *The Feldstein-Horioka Paradox: A Selective Survey of the Literature* (No. 752).
- Oktayer, N., & Susam, N. (2007). Tasarruf-Yatırım-Sermaye Hareketleri İlişkisinin Türkiye Örneğinde Değerlendirilmesi. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), 19–54.
- Özbay, F., & Duyar, I. (2022). Exploring the role of education on environmental quality and renewable energy: Do education levels really matter?. *Current Research in Environmental Sustainability*, 4, 100185.
- Pata, U. K. (2018). The Feldstein Horioka Puzzle in E7 Countries: Evidence from Panel Cointegration and Asymmetric Causality Analysis. *Journal of International Trade and Economic Development*, 27(8), 968–984. <https://doi.org/10.1080/09638199.2018.1480053>
- Pehlivan, C. (2022). Feldstein-Horioka Bulmacası ve Türkiye’den Kanıtlar. *Birey ve Toplum Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(1), 29–44.
- Pesaran, M. H., (2007). A Simple Panel Unit Root in the Presence of Cross-Section Dependence, *Journal of Applied Econometrics*, 22, pp. 265- 312.
- Ríos, V.-H. A., Zaldívar, M. G., & Santaulària Ventosa, D. (2011). *Paradoja Feldstein-Horioka: El Caso de México (1950-2007)*. 26(2), 293–313.
- Sachs, J. (1982). Aspects of the Current Account Behavior of OECD Countries. In *NBER Working Paper* (No. 859).
- Şeyranlioğlu, O. (2023). ‘Feldstein-Horioka Hipotezinin Türkiye Ekonomisi İçin Sınanması: RALS Yaklaşımından Kanıtlar. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 8(3), 498–518.

- Suruga, T., & Rahman, M. (2016). Feldstein-Horioka Paradox – The Case of South Asian Association for Regional Cooperation. *European Journal of Business and Management*, 8(2), 22–30.
- Tatoglu, F.Y., (2018). *Panel zaman serileri analizi*, 2nd ed. Beta Yayınları, İstanbul.
- Tuncsiper, B., & Bicen, O. F. (2016). Feldstein-Horioka Hipotezinin Görünürde İlişkisiz Regresyon Yöntemiyle Analizi: Gelişen Ekonomiler (E7) Üzerine Bir İnceleme. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 16(31), 348–362. <https://doi.org/10.30976/susead.302174>
- Uzgören, N. (1999). Görünüşte İlişkisiz Regresyon Denklemlerinin Etkinliği Üzerinde Hatalar Arasındaki Korelasyonun ve Bağımsız Değişkenler Arasındaki Korelasyonun Etkisinin İncelenmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1, 139–154.
- Vamvakidis, M. A., & Wacziarg, R. (1998). Developing Countries and the Feldstein-Horioka Puzzle. In *International Monetary Fund*.
- Vogelvang, B. (2005). Econometrics: Theory and Applications with EViews. In *Pearson Education Limited*. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Econometrics:+Theory+and+Applications+with+EViews#0>
- Yalcinkaya, O., & Huseyni, I. (2016). Tasarruf-Yatırım İlişkisi: Feldstein-Horioka Hipotezinin OECD Ülkeleri Açısından Değerlendirilmesi (1980-2013). *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 31(1), 343–369. <https://doi.org/10.24988/deuiibf.2016311479>
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2012). *İleri Panel Veri Analizi: Stata Uygulamalı*. Beta Yayınları.
- Yildirim, D., & Koska, O. A. (2018). Puzzling out the Feldstein-Horioka Paradox for Turkey by a Time-Varying Parameter Approach. In *The Dynamics of Growth in Emerging Economies*. <https://doi.org/10.4324/9780429436369-3>
- Yildirim, D., & Orman, E. E. (2018). The Feldstein-Horioka Puzzle in the Presence of Structural Breaks: Evidence from China. *Journal of the Asia Pacific Economy*, 23(3), 374–392. <https://doi.org/10.1080/13547860.2017.1396640>
- Zellner, A. (1962). An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests For Aggregation Bias. *Journal of the American Statistical Association*, 57(298), 348–368.
- Zellner, A. (1963). Estimators for Seemingly Unrelated Regression Equations: Some Exact Finite Sample Results. *Journal of the American Statistical Association*, 58(304), 977–992.
- Westerlund, J., (2007). Panel Cointegration Tests of the Fisher Hypothesis, *Journal of Applied Econometrics*, 23, pp. 193–233.





Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 339-362, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 19.09.2024 Accepted / Kabul: 04.02.2025

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1552774>

Borsa İstanbul'da İşlem Gören Bankaların Finansal Performanslarının VIKOR Yöntemi ile Belirlenmesi

Deniz ALTUN^a, Gizem VAROL^b

^a Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE <https://orcid.org/0000-0001-8327-1161>

^b Arş. Gör., İstanbul Gelişim Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE <https://orcid.org/0000-0002-2385-2586>

Öz

Bu çalışma, 2015-2023 yılları arasında Borsa İstanbul'da faaliyet gösteren 10 bankanın finansal performanslarını çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan VIKOR yöntemi ile değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bankaların performansları, bankacılık sektöründe kritik öneme sahip olan Kaldıraç Oranı, Özkaynak Getirisi, Brüt Kâr, Nakit Oranı, Fiyat/Kazanç Oranı (Düzeltilmiş), Aktif Kârlılığı ve Toplam Özkaynak gibi çeşitli finansal göstergeler üzerinden kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir. Bu göstergeler, bankaların finansal sağlığını ve sürdürülebilirliğini yansıtan önemli faktörler olarak ele alınmış ve her bir bankanın finansal performansı bu kriterlere göre değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, VIKOR tekniği kullanılarak bankalar arasında sıralamalar oluşturulmuş ve her bir banka için en iyi çözüme ulaşılması hedeflenmiştir. Bu metot, bankaların performanslarını çoklu kriterler üzerinden analiz ederek, bankaların finansal yapılarındaki güçlü ve zayıf yönleri ortaya koymaktadır. Çalışma, özellikle bankaların yıllar içinde finansal durumlarındaki değişimleri analiz ederek, sektördeki rekabet güçlerinin objektif bir şekilde değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda, bu analiz, bankacılık sektörü üzerine yapılacak stratejik karar alma süreçlerinde de önemli bir kaynak oluşturmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler

VIKOR,
Finansal Performans,
BIST Banka

JEL Kodu

G21, G32, C61

İletişim Deniz ALTUN ✉ daltun@gelisim.edu.tr İstanbul Gelişim Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE

Atıf Altun, D. & Varol, G. (2025). Borsa İstanbul'da işlem gören bankaların finansal performanslarının VIKOR yöntemi ile belirlenmesi. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 339-362.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Determination of the Financial Performance of Banks Listed on Borsa Istanbul Using the VIKOR Method

Abstract

This study aims to evaluate the financial performance of 10 banks listed on Borsa Istanbul between 2015 and 2023 using the VIKOR method, a multi-criteria decision-making technique. The performance of the banks is comprehensively analyzed based on various critical financial indicators, including Leverage Ratio, Return on Equity, Gross Profit, Cash Ratio, Price-to-Earnings Ratio (Adjusted), Return on Assets, and Total Equity. These indicators are considered key factors that reflect the financial health and sustainability of the banks, and the financial performance of each bank is assessed accordingly. The study employs the VIKOR method to rank the banks according to these criteria, with the objective of reaching the optimal solution for each institution. This method analyzes bank performance across multiple dimensions, revealing the strengths and weaknesses in their financial structures. The study primarily focuses on analyzing the changes in the financial conditions of the banks over the years and objectively evaluating their competitive strength within the sector. Furthermore, the results aim to provide a valuable resource for strategic decision-making processes related to the banking sector.

Keywords

VIKOR,
Financial
Performance,
BIST Bank

JEL Classification

G21, G32, C6

1. Giriş

Finansal piyasaların sürdürülebilirliği ve istikrarı, ekonomik büyümenin en önemli unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bankacılık sektörü, bu piyasaların temel yapı taşlarından birini oluşturur ve finansal istikrarın korunmasında kritik bir role sahiptir. Bankalar, kaynakların etkin bir şekilde tahsis edilmesi, tasarrufların yatırıma dönüştürülmesi ve likiditenin sağlanması gibi ekonominin hayati fonksiyonlarını yerine getirmektedir. Bu bağlamda, bankaların finansal performanslarının değerlendirilmesi hem yatırımcılar hem de karar vericiler için büyük önem taşımaktadır.

Son yıllarda, küresel finansal krizler ve piyasa volatilitésinin artışı, bankacılık sektöründeki risklerin ve performans analizlerinin daha detaylı incelenmesi gerekliliğini doğurmuştur. Özellikle gelişmekte olan ekonomilerde, bankaların performanslarını etkileyen faktörlerin detaylı bir şekilde analiz edilmesi, finansal istikrarın sağlanması açısından kritik hale gelmiştir. Türkiye gibi bankacılık sektörünün güçlü olduğu ülkelerde, bankaların performans değerlendirmesi, piyasa rekabetini anlamak ve stratejik kararlar almak için temel bir araçtır.

Bankaların finansal performansını değerlendirmek için birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Özellikle çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri, bankaların farklı finansal göstergeler üzerinden kıyaslanmasına olanak tanır. Bu yöntemlerden biri olan VIKOR tekniği, çelişen kriterler altında karar vericilere optimal çözümler sunan etkili bir yaklaşımdır. VIKOR,

performans değerlendirmelerinde sadece tek bir ölçüte değil, birden fazla kritere göre alternatiflerin sıralanmasını sağlayarak, karar süreçlerine daha geniş bir perspektif kazandırmaktadır.

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri, karar vericilere birden fazla kriteri dikkate alarak en uygun çözümleri bulma imkânı tanımaktadır. Bu bağlamda, VIKOR ve TOPSIS yaklaşımları sıklıkla karşılaştırılmakta ve her iki metodolojinin ideal çözüme yakınlık ilkesi üzerine kurulu olduğu vurgulanmaktadır. Bu iki çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemi, kriter fonksiyonlarının birimlerini ortadan kaldırmak için farklı normalizasyon türleri kullanır: VIKOR tekniği doğrusal normalizasyon kullanırken, TOPSIS yaklaşımı vektör normalizasyonu kullanmaktadır (Opricovic, Tzeng, 2004, s. 450).

Bu doğrultuda, bu çalışmanın amacı, Türkiye bankacılık sektöründe faaliyet gösteren bankaların finansal performanslarını VIKOR yöntemi ile analiz ederek, bankalar arasındaki performans farklılıklarını çok kriterli bir yaklaşımla ortaya koymaktır. Aynı zamanda, hisse senedi yatırımcılarına, bankaların finansal yapıları hakkında daha derinlemesine bilgi sağlayarak, yatırım kararlarını destekleyecek stratejik veriler sunmayı amaçlamaktadır.

2. Literatür Taraması

Bankacılık sektöründe finansal performansın değerlendirilmesi hem akademik literatürde hem de uygulamada önemli bir araştırma konusu olmuştur. Bankaların finansal performansı, yalnızca banka yöneticileri ve yatırımcılar için değil, aynı zamanda ekonominin genel sağlığı ve sürdürülebilir büyüme açısından da kritik bir gösterge niteliği taşımaktadır. Bu bağlamda, performans analizlerinde çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri giderek artan bir şekilde kullanılmaktadır. ÇKKV teknikleri, birden fazla ve çelişen kriterin aynı anda dikkate alındığı performans değerlendirme süreçlerinde karar vericilere kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır.

Türkiye’de performans analizi üzerine VIKOR algoritması ile yapılan çalışmalar da literatürde önemli bir yer tutmaktadır. Çakır (2016) çalışmasında, Türkiye sigortacılık sektöründe faaliyet gösteren firmaların performansları, çok kriterli karar verme teknikleriyle (ÇKKV) analiz edilmiştir. Çalışmada, Borsa İstanbul’a kayıtlı altı sigorta firmasının performansı, Garcia ve arkadaşları (2010) tarafından önerilen ağırlıklandırılmış hedef programlama modeli ile değerlendirilmiş ve Sayadi ve arkadaşları (2009) tarafından geliştirilen aralık VIKOR yöntemi ile sıralanmıştır. Bu bütünleşmiş modelin, bulanık ortamda performans ölçümüne önemli bir katkı sağlaması beklenmektedir. Kandemir ve Karataş (2016) çalışmalarında, 2004-2014 yılları arasında

Borsa İstanbul'da işlem gören 12 mevduat bankasının finansal performanslarını VIKOR, TOPSIS ve Gri İlişkisel Analiz teknikleri ile karşılaştırmalı olarak analiz etmişlerdir. Sonuçlara göre, VIKOR yönteminde en yüksek performansa sahip banka Denizbank iken, en düşük performansa sahip banka Tekstil Bank olarak belirlenmiştir (Kandemir & Karataş, 2016). Tezergil (2016) çalışmasında, 2009-2013 yılları arasında Türk bankacılık sektöründe faaliyet gösteren 28 mevduat bankasının performansını VIKOR tekniği ile analiz etmiştir. Çalışmada sermaye yeterliliği, bilanço yapısı, likidite ve kârlılık gibi kriterler kullanılmış ve bankalar arasında performans sıralaması yapılmıştır. Bu analiz, VIKOR algoritmasının bankacılık sektöründeki performans değerlendirmelerinde etkili bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Analiz sonucunda, büyük ölçekli bankaların finansal performans açısından daha güçlü olduğu, küçük ölçekli bankaların ise daha düşük performans sergilediği ortaya konulmuştur. Özellikle sermaye yeterliliği ve kârlılık oranlarının, bankaların performans sıralamalarında belirleyici faktörler olduğu vurgulanmıştır.

Apan ve arkadaşları (2018) çalışmalarında, Borsa İstanbul'da işlem gören gıda ve içecek sektöründeki işletmelerin 2008-2014 yıllarındaki finansal başarısızlık durumlarını Altman Z-Skor tekniğiyle belirlemişlerdir. Elde ettikleri sonuçları VIKOR yaklaşımında kullanarak şirketlerin finansal açıdan başarı durumlarını incelemişlerdir. Karaoğlan ve Şahin (2018) çalışmalarında, Borsa İstanbul'da yer alan ve Kimya, Petrol, Plastik endeksinde (XKMYA) bulunan 24 şirketin finansal performanslarını araştırmışlardır. Öncelikle kriterlerin birbirleri ile ikili karşılaştırmaları sonucunda oluşturdukları matrisleri AHP girdileri olarak kullanmışlardır ve bu kriterlere ait ağırlıkları hesaplamışlardır. Ardından AHP ile VIKOR, TOPSIS, GRA ve MOORA tekniklerini ayrı ayrı birleştirerek elde ettikleri sonuçları karşılaştırmışlardır. Tufan ve Kılıç (2019) çalışmalarında, Borsa İstanbul'da işlem gören lojistik işletmelerinin finansal performanslarını TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile değerlendirmişlerdir. 2014-2018 yıllarına ait verilerle yapılan analizde, işletmelerin aktif kârlılık, özkaynak kârlılık oranı ve aktif devir hızına göre finansal performansları sıralanmış ve farklı algoritmaların sonuçları karşılaştırılmıştır. VIKOR yaklaşımına göre yapılan analizde, tüm yıllar boyunca en yüksek finansal performansı gösteren işletme Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş. olmuştur.

Kartal (2020) çalışmasında, Türkiye'deki katılım bankalarının 2017 ve 2018 yıllarındaki performansları VIKOR yöntemi ile analiz edilmiştir. Çalışmada kâr ve maliyet yönetimi kriterleri dikkate alınmış ve bu bankalar arasında karşılaştırmalı bir performans değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuçlara göre, Ziraat Katılım Bankası ve Vakıf Katılım Bankası, diğer katılım bankalarına göre

daha iyi performans göstermiştir. Yılmaz (2020) çalışmasında, Türkiye'deki kamu, özel ve yabancı sermayeli mevduat bankalarının 2016-2018 yılları arasındaki finansal performansları VIKOR tekniği ile incelenmiştir. Çalışma kapsamında sermaye yeterliliği, likidite, kârlılık ve aktif kalitesi gibi 14 farklı finansal oran değerlendirilmiş ve üç yılın ortalaması alındığında en iyi performansı Deutsche Bank, Akbank ve İş Bankası sergilemiştir. Performans sıralamasında başarılı olan bankaların sermaye yeterliliği, likidite ve kârlılık oranlarında diğer bankalardan üstün olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Doğu (2021) çalışmasında, Borsa İstanbul'da işlem gören sigorta şirketlerinin finansal performanslarını değerlendirmek amacıyla TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanmıştır. Analiz sonucunda, her iki teknikte de finansal performans açısından en iyi ve en kötü sigorta şirketlerinin büyük oranda aynı olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Aksigorta A.Ş. (AKGRT) en iyi performansı sergilerken, Anadolu Hayat Emeklilik A.Ş. (ANHYT) en düşük performansı göstermiştir. Köse ve Akıllı (2021) çalışmalarında, Türkiye'deki aracı kurumların 2016-2019 yılları arasındaki finansal performanslarını VIKOR algoritması kullanılarak analiz etmişlerdir. Çalışmada, cari oran, likidite oranı, borç oranı, maddi duran varlık devir hızı gibi çeşitli finansal kriterler kullanılarak performans değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuçlar, yüksek borç oranına sahip aracı kurumların düşük performans sergilerken, maddi duran varlık karlılığı ve çalışma sermayesi karlılığı yüksek olan aracı kurumların daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Yetiz ve Kılıç (2021) çalışmalarında, Türkiye'deki kamu ve özel sermayeli 15 mevduat bankasının 2015-2019 yılları arasındaki finansal performanslarını VIKOR yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Çalışmada kullanılan finansal oranlar kârlılık, aktif kalitesi, likidite, sermaye yeterliliği ve gelir/gider yapısı gibi kriterlerdir. Analiz sonucunda, Ziraat Bankası 2015-2017 yıllarında en yüksek performansı gösterirken, 2018-2019 yıllarında ING Bank en iyi performansı sergilemiştir. Yılmaz ve Yakut (2021) çalışmalarında, 2009-2018 yılları arasında Borsa İstanbul'da işlem gören 22 bankanın finansal performanslarını Entropi Temelli TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile analiz etmişlerdir. Çalışmada 26 finansal kriter kullanılarak bankaların performansları değerlendirilmiş ve "Likit Aktifler / Kısa Vadeli Yükümlülükler" oranının en yüksek ağırlığa sahip kriter olduğu belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, her iki yaklaşımda da Adabank, Birleşik Fon Bankası ve Citibank en iyi performansı gösteren bankalar olmuştur (Yılmaz ve Yakut, 2021).

Argun ve Altınoluk (2022) çalışmalarında, Borsa İstanbul'da enerji sektöründe faaliyet gösteren 10 enerji şirketinin 2015-2019 yıllarına ait verilere dayalı olarak finansal performanslarını

analiz etmişlerdir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında enerji sektörü uzmanlarına anket uygulamışlar ve AHP tekniğinden faydalanmışlardır. Performans analizinde ise, TOPSIS ve VIKOR yaklaşımlarını kullanarak şirketleri hem birbirleriyle hem de kendi içlerinde karşılaştırmışlardır. Kondak ve Ergül (2022) çalışmalarında, 2017-2021 yılları arasında Borsa İstanbul'da işlem gören perakende şirketlerinin mali performanslarını VIKOR yöntemi ile analiz etmişlerdir. Covid-19 pandemisinin de dahil olduğu bu dönemde perakende şirketlerinin mali oranları değerlendirilmiş ve BİZİM, BIMAS, VAKKO gibi şirketlerin en yüksek performansı gösterdiği, MİPAZ ve MEPET şirketlerinin ise en düşük performans sergilediği tespit edilmiştir. Türegün (2022) çalışmasında, Borsa İstanbul'da işlem gören ve turizm sektöründe faaliyet gösteren şirketler arasında, 2018-2020 yıllarındaki verileri kullanmıştır ve entropi yöntemi ile birlikte TOPSIS ve VIKOR yaklaşımlarını ayrı ayrı kullanarak şirketlerin performanslarını incelemiş ve şirketleri başarılarına göre sıralamıştır. Elde ettiği analiz sonuçlarına göre, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile yapılan sıralamalarda 2018 ve 2019 yılları için benzer sonuçlara ulaşırken, 2020 yılına ait sonuçlarda değişimler gözlemlenmiştir. Kaya ve arkadaşları (2024) çalışmalarında, Türkiye'deki sürdürülebilirlik endeksinde bulunan bazı şirketlerin finansal performanslarını incelemek amacıyla öncelikle dört uzmanın görüşleri ile tam tutarlılık yöntemini (FUCOM) kullanarak kriter ağırlıklarını belirlemişlerdir. Ardından, dokuz farklı çok kriterli karar verme yöntemi ile şirketleri başarı seviyelerine göre sıralamışlar ve bu sıralamalar arasındaki uyumu Copeland tekniği ile sağlamışlardır.

Bu çalışma, Türkiye'de 2015-2023 yılları arasında bankaların performanslarını VIKOR yöntemi ile değerlendirerek, bankaların farklı kriterlere göre sıralamalarını ortaya koymaktadır. Literatürde VIKOR tekniğini kullanan çalışmaların genellikle kriz dönemleri ve bankaların sürdürülebilirlik performanslarına odaklandığı görülmektedir. Bu çalışma, uzun bir zaman dilimini kapsaması ve farklı finansal kriterleri içermesi açısından literatüre önemli bir katkı sunmaktadır.

3. Veri Seti ve Yöntem

Bu çalışmada, BIST Banka (XBANK) endeksinde yer alan bankalar tercih edilmiştir. Bankaların bu endekste yer alması, finansal verilere erişimin kolaylığı ve düzenli olarak yayımlanması sayesinde çalışmada kullanılan kriterlerin tutarlı ve güncel verilere dayanmasını sağlamıştır. Ayrıca, seçilen bankaların 2015-2023 yılları arasında sürekli olarak XBANK endeksinde bulunması, analiz döneminde veri bütünlüğünün korunmasına imkân tanımıştır. Bu

bağlamda, Akbank (AKBNK), Albaraka Türk (ALBRK), Garanti Bankası (GARAN), Halkbank (HALKB), ICBC Turkey (ICBCT), İş Bankası (ISCTR), Şekerbank (SKBNK), Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB), Vakıfbank (VAKBN) ve Yapı Kredi Bankası (YKBNK) örneklem olarak seçilmiştir. Ayrıntılar Tablo 1’de yer almaktadır. Çalışmada, 2015-2023 yılına ait veriler incelenmiştir. Veriler, Investing.com Pro sürümünden elde edilmiştir.

Çalışmada kullanılan kriterler, bankaların finansal performansını kapsamlı bir şekilde değerlendirmek amacıyla seçilmiştir. Seçili kriterler arasında Kaldıraç Oranı, Özkaynak Getirisi, Brüt Kâr, Nakit Oranı, F/K Oranı (Düzeltilmiş), Aktif Kârlılığı ve Toplam Özkaynak bulunmaktadır. Bu kriterler, bankaların risk yönetimi, kârlılık, likidite ve sermaye gücü gibi temel finansal dinamiklerini temsil etmekte olup, literatürde de sıklıkla kullanılan göstergelerdir.

Tablo 1

XBANK Endeksinden Bankalar

Hisseler	Açıklama	Endüstri
AKBNK	Akbank T.A.Ş.	
ALBRK	Albaraka Türk Katılım Bankası A.Ş.	
GARAN	Türkiye Garanti Bankası	
HALKB	Türkiye Halk Bankası	
ICBCT	ICBC Turkey Bank A.Ş.	Bankacılık Hizmetleri
ISCTR	Türkiye İş Bankası A.Ş.	
SKBNK	Şekerbank T.A.Ş.	
TSKB	Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. (TSKB)	
VAKBN	Türkiye Vakıflar Bankası T.A.O.	
YKBNK	Yapı ve Kredi Bankası A.Ş.	

VIKOR yöntemi Sırp araştırmacı Opricovic (1998) tarafından doktora tezi ile literatüre kazandırılmıştır. VIKOR yaklaşımının çok kriterli karar verme literatüründe kullanılması ise, Opricovic ve Tzeng (2004) çalışmasının ardından başlamıştır.

VIKOR tekniği temel olarak, bir grup alternatifin çelişebilen kriterlere göre değerlendirilmesi ile önceliklendirme yapılması ve diğer ÇKKV (Çok Kriterli Karar Verme) yöntemlerinden farklı olarak, birden fazla alternatiften oluşan optimal çözüm kümesine ulaşma amacıyla kullanılmaktadır. Aşağıda VIKOR yönteminin uygulama adımları yer almaktadır (Opricovic, Tzeng, 2004, s. 447).

Karar Matrisi: m adet alternatif ve n adet kriter içeren ÇKKV problemi için her bir kritere göre alternatiflerin skorları karar matrisi $[f_{ij}]_{m \times n}$ ile oluşturulur.

$$[f_{ij}]_{m \times n} = \text{Alternatifler} \begin{matrix} & \text{Kriterler} \\ \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & f_{m2} & \cdots & f_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

En İyi ve En Kötü Kriter Değerleri: Her bir kriter için, $i = 1, 2, \dots, m$ ve $j = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere en iyi (f_j^*) ve en kötü (f_j^-) değerler hesaplanır. Bu hesaplama, kriterin fayda veya maliyet tipli olmasına bağlı olarak değişiklik gösterir.

$$f_j^* = \begin{cases} \max_i f_{ij}, & j \text{ kriteri fayda tipli ise} \\ \min_i f_{ij}, & j \text{ kriteri maliyet tipli ise} \end{cases}$$

$$f_j^- = \begin{cases} \min_i f_{ij}, & j \text{ kriteri fayda tipli ise} \\ \max_i f_{ij}, & j \text{ kriteri maliyet tipli ise} \end{cases} \quad (2)$$

Normalize Karar Matrisi: Karar matrisindeki skorlar farklı birimlerde olabilmektedir ve değerlendirilme yapılabilmesi için karar matrisi normalize edilir ve normalize karar matrisi $[r_{ij}]_{m \times n}$ oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (3)$$

Ağırlık Vektörü: Kriterlerin önem dereceleri ağırlık vektörü $[w_j]_{1 \times n}$ ile belirtilir. Kriterlerin her biri eşit önemde ise ağırlıklar eşit olarak $1/n$ alınabilir.

Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi: Kriter ağırlıklarının normalize edilmiş karar matrisine işlenmesi ile $[v_{ij}]_{m \times n}$ ağırlıklı normalize karar matrisi $v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j$ formülü ile hesaplanır.

Grup Skorları: Her bir alternatif için ortalama grup skoru S_i ve en kötü grup skoru R_i hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij}$$

$$R_i = \max_j v_{ij} \quad (4)$$

Uzlaşık Çözüm: Öncelikle ortalama grup skoru ve en kötü grup skoruna ait en iyi S^* , R^* ve en kötü S^- , R^- değerleri hesaplanmaktadır.

$$S^* = \min_i S_i$$

$$S^- = \max_i S_i$$

$$R^* = \min_i R_i$$

$$R^- = \max_i R_i \quad (5)$$

Uzlaşık çözüme ait skorlar Q_i bir $0 \leq q \leq 1$ parametresi yardımıyla birleştirilir. Ortalama grup skoruna ait hesaplamalar maksimum grup faydasını belirten q katsayısı, en kötü grup skoruna ait hesaplamalar ise minimum pişmanlığı belirten $1 - q$ katsayısı yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$Q_i = q \cdot \frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} + (1 - q) \cdot \frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \quad (6)$$

Hesaplanan bu S_i, R_i, Q_i değerleri artan şekilde sıralanır ve iki koşulla çözümler belirlenir (Opricovic, Tzeng, 2004, s. 448).

Koşul 1 (Kabul Edilebilir Avantaj): Sıralanmış Q_i değerleri için ilk iki sıradaki alternatiflerin A^1, A^2 skorları arasındaki farkın $Q(A^2) - Q(A^1) \geq 1/(m - 1)$ koşulunu sağlaması halinde A^1 alternatifi kabul edilebilirdir.

Koşul 2 (Kabul Edilebilir İstikrar): Sıralanmış S_i ve R_i değerleri için her bir değer en düşük skoru Q_i değeri için ilk sırada olan A^1 alternatifi ise, bu alternatif uzlaşık kararın bulunmasında istikrarlı bir çözümdür.

4. Bulgular

Bu çalışmada, Borsa İstanbul'da faaliyet gösteren 10 bankanın 2015-2023 yılları arasındaki finansal performansları VIKOR yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. VIKOR, çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniklerinden biri olup, çelişen kriterler altında karar vericiye en iyi uzlaşık çözümü sunmayı hedefler. Bu analizde, bankaların finansal performansları yedi farklı kriter üzerinden incelenmiş ve her bir yıl için bankalar sıralanmıştır. Kriterler arasında Kaldıraç Oranı, Özkaynak Getirisi, Brüt Kâr, Nakit Oranı, F/K Oranı (Düzeltilmiş), Aktif Kârlılığı ve Toplam Özkaynak bulunmaktadır.

Her yıl için bankaların performansları Q_i ($q = 0.5$) parametresi kullanılarak sıralanmıştır. 2023 yılı için elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmaktadır. Bu sonuçlar, bankaların finansal

verilerine göre elde edilmiş normalize karar matrisi ve ağırlıklı normalize karar matrisi hesaplamaları temel alınarak değerlendirilmiştir.

Tablo 2

2023 Yılına Ait VIKOR Sonuçları

2023 Karar Matrisi							
	Finansal Kaldıraç	Özkaynak Getirisi	Brüt Kâr	Nakit Oranı	F/K Oranı (Düzeltilmiş)	Aktif Kârlılığı	Toplam Özkaynak
<i>AKBNK</i>	9	36.5	4,550,000,000	0.2	2.6	4.4	7,150,000,000
<i>ALBRK</i>	16.6	34.8	415,700,000	0.3	3	2.2	485,000,000
<i>GARAN</i>	9	43.6	5,407,000,000	0.3	3.2	5	8,314,000,000
<i>HALKB</i>	16.3	15.1	2,243,000,000	0.1	5.1	1	4,838,000,000
<i>ICBCT</i>	19.4	35.5	136,100,000	0.2	7.3	1.8	175,100,000
<i>ISCTR</i>	11	33.6	6,959,000,000	0.3	3.9	3.7	10,269,000,000
<i>SKBNK</i>	8.1	32.6	308,300,000	0.3	3	4	431,000,000
<i>TSKB</i>	8.4	41.1	372,700,000	1.1	2.9	4.8	738,800,000
<i>VAKBN</i>	16.3	23.5	3,147,000,000	0.2	4.5	1.5	6,123,000,000
<i>YKBNK</i>	10.4	44.6	4,457,000,000	0.2	2.5	4.5	6,055,000,000
En İyi ve En Kötü Kriter Değerleri							
f*	8.1	44.6	6,959,000,000	1.1	2.5	5	10,269,000,000
f-	19.4	15.1	136,100,000	0.1	7.3	1	175,100,000
r_{ij} Değerleri							
r_{ij}	Finansal Kaldıraç	Özkaynak Getirisi	Brüt Kâr	Nakit Oranı	F/K Oranı (Düzeltilmiş)	Aktif Kârlılığı	Toplam Özkaynak
<i>AKBNK</i>	0.0796	0.2746	0.3531	0.9000	0.0208	0.1500	0.3090
<i>ALBRK</i>	0.7522	0.3322	0.9590	0.8000	0.1042	0.7000	0.9693
<i>GARAN</i>	0.0796	0.0339	0.2275	0.8000	0.1458	0.0000	0.1937
<i>HALKB</i>	0.7257	1.0000	0.6912	1.0000	0.5417	1.0000	0.5380
<i>ICBCT</i>	1.0000	0.3085	1.0000	0.9000	1.0000	0.8000	1.0000
<i>ISCTR</i>	0.2566	0.3729	0.0000	0.8000	0.2917	0.3250	0.0000
<i>SKBNK</i>	0.0000	0.4068	0.9748	0.8000	0.1042	0.2500	0.9746
<i>TSKB</i>	0.0265	0.1186	0.9653	0.0000	0.0833	0.0500	0.9442
<i>VAKBN</i>	0.7257	0.7153	0.5587	0.9000	0.4167	0.8750	0.4107
<i>YKBNK</i>	0.2035	0.0000	0.3667	0.9000	0.0000	0.1250	0.4175
v_{ij} Değerleri							
v_{ij}	Finansal Kaldıraç	Özkaynak Getirisi	Brüt Kâr	Nakit Oranı	F/K Oranı (Düzeltilmiş)	Aktif Kârlılığı	Toplam Özkaynak
<i>AKBNK</i>	0.0114	0.0392	0.0504	0.1286	0.0030	0.0214	0.0441
<i>ALBRK</i>	0.1075	0.0475	0.1370	0.1143	0.0149	0.1000	0.1385
<i>GARAN</i>	0.0114	0.0048	0.0325	0.1143	0.0208	0.0000	0.0277
<i>HALKB</i>	0.1037	0.1429	0.0987	0.1429	0.0774	0.1429	0.0769

ICBCT	0.1429	0.0441	0.1429	0.1286	0.1429	0.1143	0.1429
ISCTR	0.0367	0.0533	0.0000	0.1143	0.0417	0.0464	0.0000
SKBNK	0.0000	0.0581	0.1393	0.1143	0.0149	0.0357	0.1392
TSKB	0.0038	0.0169	0.1379	0.0000	0.0119	0.0071	0.1349
VAKBN	0.1037	0.1022	0.0798	0.1286	0.0595	0.1250	0.0587
YKBNK	0.0291	0.0000	0.0524	0.1286	0.0000	0.0179	0.0596

Değerler

	$Q_i (q = 0)$	$Q_i (q = 0.25)$	$Q_i (q = 0.5)$	$Q_i (q = 0.75)$	$Q_i (q = 1)$	S_i	R_i
AKBNK	0.5000	0.4085	0.3170	0.2255	0.1340	0.2982	0.1286
ALBRK	0.8465	0.8080	0.7696	0.7311	0.6927	0.6596	0.1385
GARAN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2115	0.1143
HALKB	1.0000	0.9717	0.9435	0.9152	0.8869	0.7852	0.1429
ICBCT	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8584	0.1429
ISCTR	0.0000	0.0312	0.0625	0.0937	0.1249	0.2923	0.1143
SKBNK	0.8738	0.7674	0.6610	0.5547	0.4483	0.5015	0.1393
TSKB	0.8266	0.6590	0.4914	0.3238	0.1562	0.3126	0.1379
VAKBN	0.5000	0.5473	0.5947	0.6420	0.6894	0.6574	0.1286
YKBNK	0.5000	0.4044	0.3088	0.2132	0.1175	0.2875	0.1286

Sıralamalar

	$Q_i (q = 0)$	$Q_i (q = 0.25)$	$Q_i (q = 0.5)$	$Q_i (q = 0.75)$	$Q_i (q = 1)$	S_i	R_i
AKBNK	3	4	4	4	4	4	3
ALBRK	7	8	8	8	8	8	7
GARAN	1	1	1	1	1	1	1
HALKB	9	9	9	9	9	9	9
ICBCT	9	10	10	10	10	10	9
ISCTR	1	2	2	2	3	3	1
SKBNK	8	7	7	6	6	6	8
TSKB	6	6	5	5	5	5	6
VAKBN	3	5	6	7	7	7	3
YKBNK	3	3	3	3	2	2	3

Koşul

Koşul 1	YANLIŞ	YANLIŞ	YANLIŞ	YANLIŞ	DOĞRU
Koşul 2	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU

2023 yılına ait bankaların finansal performanslarını değerlendirmek amacıyla VIKOR yöntemi kullanılarak yapılan analiz, çeşitli finansal göstergeler üzerinden bankaların karşılaştırmalı bir analizini sunmaktadır. Analizde kullanılan kriterler arasında finansal kaldıraç oranı, özkaynak getirisi, brüt kâr, nakit oranı, düzeltilmiş F/K oranı, aktif kârlılığı ve toplam özkaynak gibi önemli finansal göstergeler yer almaktadır. Bu kriterler, bankaların mali yapılarının sağlamlığını ve kârlılık potansiyellerini değerlendirmek için kullanılmıştır.

Analiz sonucunda her bir banka için bir Q_i (kapsayıcı indeks) değeri hesaplanmış ve bu değerler bankaların genel sıralamalarını belirlemiştir. Q_i değeri, bankaların kriterler karşısındaki performansını dengeleyen bir ölçüttür ve farklı q değerlerine göre ağırlıklandırmalar yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Bu analizde $q = 0.5$ değerine odaklanılmış olup, daha dengeli bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu da en kötü ve en iyi kriter performansları arasındaki dengeyi sağlama amacı taşımaktadır.

Garanti Bankası (GARAN), elde edilen sonuçlara göre Q_i ($q = 0.5$) değeri bakımından en iyi performansı göstererek sıralamada ilk sırada yer almıştır. Garanti Bankası'nın performansı, özellikle özkaynak getirisi ve aktif kârlılığı kriterlerinde olumlu sonuçlar vermiştir. Banka, düşük kaldıraç oranı ve yüksek brüt kâr gibi kriterlerde de diğer bankalara kıyasla oldukça başarılı bulunmuştur. Bu durum, bankanın genel finansal yapısının güçlü olduğunu ve piyasadaki belirsizlikler karşısında daha sağlam durabildiğini göstermektedir.

İş Bankası (ISCTR) ise sıralamada ikinci sırada yer almış olup, brüt kâr ve toplam özkaynak gibi göstergelerdeki yüksek performansı ile öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, İş Bankası'nın kaldıraç oranı Garanti Bankası'na göre daha yüksek olmasına rağmen, banka genel performansı ile iyi bir konumda yer almıştır. Bu da İş Bankası'nın sermaye yapısının sağlam olduğunu ve yüksek kâr üretme kapasitesine sahip olduğunu işaret etmektedir.

Ancak sıralamanın sonunda yer alan bankalar arasında Halkbank (HALKB) ve ICBC Turkey Bank (ICBCT) dikkat çekmektedir. Halkbank, özellikle düzeltilmiş F/K oranı ve aktif kârlılığı gibi kriterlerde oldukça düşük performans sergilemiştir. Bu göstergeler, bankanın piyasadaki verimliliğinin ve kârlılık potansiyelinin diğer bankalara kıyasla daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Halkbank'ın ayrıca nakit oranının düşük olması, likidite yönetiminde sorunlar yaşayabileceğini göstermektedir.

ICBC Turkey Bank (ICBCT) ise en düşük sıralamayı almıştır. Bankanın yüksek kaldıraç oranı ve düşük aktif kârlılığı, riskli bir finansal yapı sergilediğini göstermektedir. Özellikle brüt kâr ve toplam özkaynak gibi kriterlerdeki zayıf performansı, bankanın sürdürülebilir bir kârlılık yapısına sahip olmadığını ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, ICBC'nin mali yapısında iyileştirmeye ihtiyaç duyduğunu ve daha istikrarlı bir finansal performans sergilemesi gerektiğini işaret etmektedir.

Bu değerlendirmelere ek olarak, ALBARAKA Türk (ALBRK) ve Şekerbank (SKBNK) gibi bankalar, sıralamada orta seviyelerde yer almıştır. Albaraka Türk'n zkaynak getirisi ve aktif kârlılığı, ortalamaların üzerinde bir performans gösterirken, kaldıraç oranı ve düzeltilmiş F/K oranı gibi göstergelerde daha zayıf kalmıştır. Şekerbank ise, brüt kâr ve toplam zkaynak performansı ile orta sıralarda yer almasına karşın, finansal kaldıraç oranında düşük performans sergilemiştir.

Buradaki koşullara göre, Koşul 1, en yüksek skora sahip alternatif ile ikinci sıradaki alternatif arasındaki farkın yeterli olup olmadığını değerlendirmektedir. Eğer Koşul 1 sağlanmamışsa, bu durum ilk iki alternatifin birlikte ele alınabileceğini ve ayrı bir değerlendirme yapılabileceğini göstermektedir. Bu durum, VIKOR yönteminin nihai amacının sıralama yapmak değil, uzlaşmacı czm kümesine ulaşmak olduğunu vurgulamaktadır. Koşul 2 ise, seçilen alternatifin stabilizasyonunu test etmektedir. Koşul 2'nin sağlanması, seçilen alternatifin ikinci en iyi alternatife kıyasla kesin olarak üstün olduğunu belirtmektedir. Eğer bu koşul sağlanmazsa, ikinci sıradaki alternatifin de czme dahil edilme potansiyeli bulunmaktadır. Özellikle iki alternatifin birbirine yakın sonuçlar verdiği durumlarda, bu değerlendirme önem kazanmaktadır. Koşul 1'in sağlanmadığı durumlarda, bu şartı sağlamayan alternatifler uzlaşmacı czm kümesine dahil edilebilmektedir. Koşul 2'nin sağlanmaması halinde ise, ilk iki alternatif arasındaki fark daha ayrıntılı olarak incelenmekte ve czme dahil edilme olasılığı değerlendirilmektedir. Koşul 1'in sağlanmaması durumunda, birinci ve ikinci alternatiften başlayarak, daha alt sıralardaki alternatifler de bu süreçte dikkate alınmaktadır.

Çalışmada 2015-2023 yılları arasında VIKOR yöntemi uygulanarak her yıl için Q_i ($q = 0.5$) parametresi ile bankaların performansları sıralanmıştır. Aşağıdaki tabloda bu yıllara ait sıralamalar verilmiştir. Çalışmanın ek bölümünde ise her bir yıla ait VIKOR tahmin sonuçları yer almaktadır.

Tablo 3

2015-2023 Yılları Q_i ($q = 0.5$) Değerlerine Ait Sıralamalar

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AKBNK	5	5	3	1	4	3	3	1	4
ALBRK	8	8	8	7	7	9	7	10	8
GARAN	7	4	7	2	3	2	1	3	1
HALKB	3	6	4	8	8	8	9	8	9
ICBCT	9	10	10	10	9	10	10	9	10

ISCTR	1	3	2	3	2	1	2	2	2
SKBNK	10	9	9	9	10	7	8	7	7
TSKB	4	2	6	6	6	6	6	6	5
VAKBN	2	1	1	5	5	4	5	5	6
YKBNK	6	7	5	4	1	5	4	4	3

Tablo 2, 2015-2023 yılları arasında bankaların VIKOR yaklaşımına göre hesaplanan Q_i ($q = 0.5$) değerlerine dayalı sıralamalarını göstermektedir. Bu sıralamalar, her bir bankanın ilgili yıllardaki finansal performansını yansıtarak, sektördeki konumlarını ve değişimlerini gözlemlemeyi mümkün kılmaktadır.

Analiz sonuçlarına göre, İş Bankası (ISCTR) en istikrarlı performansı gösteren banka olarak dikkat çekmektedir. İş Bankası, özellikle 2015-2023 yılları arasında sürekli olarak ilk üç sırada yer almış, 2020 yılında birinci sırada yer alarak finansal olarak güçlü bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu istikrar, bankanın uzun vadede sürdürülebilir bir kârlılık ve sağlam sermaye yapısına sahip olduğunun bir göstergesidir.

Garanti Bankası (GARAN) da genel olarak güçlü bir performans sergileyen bankalar arasında yer almaktadır. Özellikle 2021 yılında birinci sırada yer alan Garanti Bankası, 2018, 2020 ve 2023 yıllarında da üst sıralarda yer alarak sektördeki rekabetçi konumunu korumuştur. Garanti Bankası'nın özellikle 2023 yılında yeniden birinci sıraya yükselmesi, bankanın son yıllarda finansal göstergelerini güçlendirdiğine işaret etmektedir.

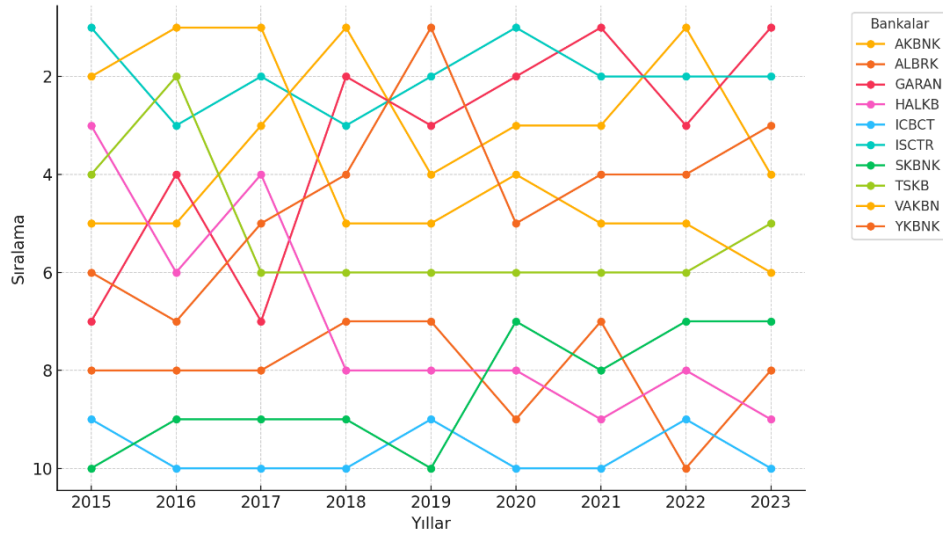
Diğer yandan, Akbank (AKBNK) da belirli yıllarda istikrarlı bir performans göstermiştir. 2018 ve 2022 yıllarında birinci sırada yer alan Akbank, diğer yıllarda ise genellikle orta sıralarda yer almıştır. Ancak, 2015-2023 dönemi boyunca ilk beşte yer alması, bankanın sektördeki güçlü varlığını sürdürdüğünü göstermektedir.

Vakıfbank (VAKBN), özellikle 2015-2017 döneminde güçlü bir performans sergilemiş ve 2016 yılında birinci sırada yer almıştır. Ancak 2018 yılından itibaren performansında bir düşüş yaşanmış ve sonraki yıllarda orta sıralarda yer almıştır. Bu durum, bankanın finansal yapısında bazı dalgalanmalar yaşadığını göstermektedir.

TSKB ise sıralamalarda genellikle orta sıralarda yer almış ve nispeten istikrarlı bir performans göstermiştir. 2015-2023 yılları arasında altıncı sırada yer alan TSKB, sektörde kendine has bir konumunu korumuş, ancak üst sıralara çıkma konusunda zorluk yaşamıştır.

Buna karşılık, Albaraka Türk (ALBRK), ICBC Turkey Bank (ICBCT) ve Şekerbank (SKBNK) gibi bankalar sıralamalarda genellikle alt sıralarda yer almış ve yıllar boyunca daha düşük performans sergilemişlerdir. Albaraka Türk, özellikle 2015-2023 yılları arasında sekizinci ve dokuzuncu sıralarda yer alarak, diğer bankalara kıyasla daha zayıf bir performans ortaya koymuştur. ICBC Turkey ise tüm dönem boyunca en alt sıralarda yer almış ve onuncu sıradan çıkmamıştır. Bu sonuçlar, bu bankaların finansal performanslarının diğer bankalara kıyasla oldukça zayıf olduğunu ve iyileştirme gerektirdiğini göstermektedir.

Halkbank (HALKB) ise özellikle 2015 yılında üçüncü sırada yer almasına karşın, 2016-2023 yılları arasında performansında belirgin bir düşüş yaşamış ve genellikle alt sıralarda yer almıştır. Banka, özellikle son yıllarda dokuzuncu sıraya gerileyerek, finansal olarak zayıf bir performans sergilemiştir.



Şekil 1. 2015-2023 Yılları Arası Banka Performans Sıralamaları (VIKOR)

Yukarıdaki grafikte, 2015-2023 yılları arasında Borsa İstanbul'da faaliyet gösteren 10 bankanın VIKOR yöntemi ile hesaplanan performans sıralamaları gösterilmektedir. Düşük sıralama daha iyi performansı temsil ettiği için, grafikte sıralamalar ters çevrilmiştir (yani en üstteki sıralar en iyi performansa işaret etmektedir). Grafikte, her bir bankanın yıllar içindeki performans değişimleri net bir şekilde gözlemlenmektedir.

Tablo 4

2015-2023 Yıllarına Ait Ortalama Q_i ($q = 0.5$) Değerlerine Ait Sıralamalar

	Aritmetik Ortalama Q_i ($q = 0.5$)	9 Yıllık Performans Sıralaması
ISCTR	0.1673	1
AKBNK	0.2168	2
GARAN	0.2444	3
YKBANK	0.2775	4
VAKBN	0.2877	5
TSKB	0.4925	6
HALKB	0.7062	7
ALBRK	0.8193	8
SKBNK	0.8521	9
ICBCT	0.9703	10

2015-2023 yılları arasındaki ortalama Q_i ($q = 0.5$) değerlerine göre bankaların sıralamaları, İş Bankası (ISCTR)'nin birinci sırada yer alarak en güçlü performansı gösterdiğini ortaya koymaktadır. Akbank (AKBNK) ve Garanti Bankası (GARAN) ise ikinci ve üçüncü sırada gelerek sektördeki güçlü konumlarını korumuşlardır. Vakıfbank (VAKBN) ve Yapı Kredi (YKBANK) ise üst sıralarda yer almış, ancak performans açısından ilk üçe girememiştir. Öte yandan, Halkbank (HALKB), Albaraka Türk (ALBRK) ve ICBC Turkey (ICBCT) gibi bankalar, düşük performanslarıyla alt sıralarda yer almışlardır.

5. Sonuç

Bu çalışma, Türkiye'deki bankaların 2015-2023 yılları arasındaki finansal performanslarını VIKOR yöntemi ile analiz ederek, bankaların yıllar içindeki finansal başarılarını karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Q_i ($q = 0.5$) değerlerine dayalı analiz, bankaların yıllara göre performans değişimlerini ortaya koyarak, uzun vadeli finansal sağlamlıklarını ve sektördeki rekabet konumlarını değerlendirme fırsatı sunmuştur.

İş Bankası (ISCTR), analiz dönemi boyunca genel olarak ilk üç sırada yer almış, özellikle 2020 yılında birinci sıraya yükselerek sektördeki en istikrarlı ve güçlü banka olduğunu göstermiştir. Bankanın kârlı bir büyüme stratejisi izlediği, yüksek brüt kâr ve özkaynak getirisi gibi kriterlerdeki başarısıyla dikkat çekmiştir. Akbank (AKBNK), 2018 ve 2022 yıllarında birinci sırada yer alsa da diğer yıllarda genellikle ilk beşte kalmıştır. Banka, güçlü nakit oranı ve aktif kârlılığı ile rekabetçi bir yapıya sahip olduğunu kanıtlamıştır. Garanti Bankası (GARAN) ise 2021 yılında

birinci sırada yer almış, genel olarak üst sıralarda kalmış ve sürdürülebilir büyüme stratejisiyle sektördeki konumunu güçlendirmiştir.

Vakıfbank (VAKBN), analiz döneminin ilk yıllarında üst sıralarda yer alsa da sonraki yıllarda performansında bir düşüş yaşamıştır. Diğer yandan, Halkbank (HALKB), Albaraka Türk (ALBRK) ve ICBC Turkey Bank (ICBCT) gibi bankalar, genellikle düşük sıralamalarda yer almış ve uzun vadeli rekabet güçlerinin zayıf olduğunu göstermişlerdir. Özellikle ICBC Turkey, neredeyse tüm yıllarda son sırada yer alarak finansal yapısının sürdürülebilir bir büyüme sağlayamadığını ortaya koymuştur.

Ortalama Q_i ($q = 0.5$) sonuçlarına göre, İş Bankası en yüksek ortalama performansı göstererek birinci sırada yer almıştır. Akbank ve Garanti Bankası ise ikinci ve üçüncü sırada yer alarak hem yıllık performans hem de genel ortalama açısından güçlü rekabet avantajlarına sahip olduklarını göstermişlerdir.

Bu analiz, bankaların finansal yapılarının uzun vadede nasıl performans gösterdiğini ve yıllar içindeki değişimlerini detaylı bir şekilde ele alması bakımından önemlidir. VIKOR yöntemi, bankaların çoklu kriterler doğrultusunda değerlendirilmesine olanak tanıyarak, karar vericilere bankaların güçlü ve zayıf yönlerini kapsamlı bir şekilde analiz etme fırsatı sunmaktadır. Bu, finansal risk yönetimi, kaynakların verimli kullanılması ve piyasaya hızlı uyum sağlama gibi stratejik kararlar için kritik bilgiler sağlamaktadır.

Bu çalışmanın katkılarında biri hem kamu hem de özel bankaların performanslarını geniş bir zaman aralığında değerlendirmesidir. 2015-2023 dönemini kapsayan analiz, bankaların uzun vadeli performans trendlerini ortaya koyarak literatüre önemli bir katkı sunmaktadır. Özellikle VIKOR algoritması, bankaların sadece kârlılık değil, likidite, sermaye yapısı ve aktif kalitesi gibi kriterler doğrultusunda kapsamlı bir bakış açısıyla değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Finansal krizler, küresel ekonomik dalgalanmalar ve Covid-19 pandemisinin etkileri gibi dışsal faktörlerin göz önünde bulundurulduğu bu analiz, Türkiye bankacılık sektörünün dayanıklılığı ve esnekliğine dair değerli bilgiler sunmaktadır. Bu tür performans analizleri, bankacılık sektöründeki yöneticiler, yatırımcılar ve akademik araştırmacılar için stratejik karar alma süreçlerinde önemli bir rehber niteliği taşımaktadır. Yatırımcılar açısından, bu analiz, bankaların finansal istikrarı ve kârlılığı konusunda derinlemesine bilgi sunarak daha bilinçli ve stratejik yatırım kararları almalarına yardımcı olmaktadır.

Bu çalışmada, bankaların finansal performansı, kaldıraç oranı, özkaynak getirisi, brüt kâr, nakit oranı, düzeltilmiş F/K oranı, aktif kârlılığı ve toplam özkaynak gibi kapsamlı ve bankacılık sektörünün temel dinamiklerini yansıtan kriterler üzerinden değerlendirilmiştir. Literatürde, bankaların finansal performanslarını değerlendirmek için VIKOR yöntemi kullanılmış olmakla birlikte, farklı çalışmalarda kullanılan kriterler çeşitlilik göstermektedir. Bu nedenle, çalışmada kullanılan kriter setiyle diğer çalışmalar arasında doğrudan bir kıyaslama yapmak metodolojik olarak uygun olmayabilir. Ancak, bu kriterler temelinde yapılan analiz sonuçları, bankaların uzun vadeli finansal istikrarı ve sektördeki rekabet gücü hakkında değerli bilgiler sunmaktadır. Çalışmanın bulguları, literatürde yer alan diğer çalışmalarla uyumlu bir şekilde, bankaların performans farklılıklarını açıklamakta ve bu farklılıkların özellikle kârlılık ve sermaye yapısı gibi kriterler üzerinden şekillendiğini ortaya koymaktadır. Bu yönüyle çalışma, Türkiye bankacılık sektöründe finansal performans analizi literatürüne özgün bir katkı sunmaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Etik komite onayı ve/veya yasal/özel izin gerektirmeyen bu çalışma, araştırma ve yayın etiğine uygundur.

Araştırmacının Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

Araştırmacının Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması yoktur.

Kaynakça

- Apan, M., Oztel, A., & Islamoglu, M. (2018). Comparative empirical analysis of financial failures of enterprises with Altman Z-score and VIKOR methods: BIST food sector application. *Australasian Accounting, Business and Finance Journal*, 12(1), 81–98. <https://doi.org/10.14453/aabfj.v12i1.6>
- Argun, I. D., & Altınoluk, H. (2022). Financial performance analysis of firms in the energy sector with multi-criteria decision-making methods. In *2022 IEEE Technology and Engineering Management Conference (TEMSCON EUROPE)* (pp. 21–25). IEEE. <https://doi.org/10.1109/TEMSCONEUROPE54743.2022.9801968>
- Çakır, S. (2016). Türk sigortacılık sektöründe çok kriterli karar verme teknikleri (ÇKKV) ile performans ölçümü: BİST uygulaması. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(1), 127–147.
- Doğu, A. (2021). Borsa İstanbul’da yeralan sigorta şirketlerinin finansal performanslarının TOPSIS ve VIKOR yöntemlerine göre istatistiksel olarak belirlenmesi. *International Social Sciences Studies Journal*, 7(77), 493–508. <https://doi.org/10.26449/sss.2938>
- Ergül, N., & Kondak, G. N. (2022). Perakende şirketlerinin mali performansının değerlendirilmesi. *Uluslararası Beşeri ve Sosyal Bilimler İnceleme Dergisi*, 6(2), 153–166. <https://doi.org/10.55243/ihssr.1216029>
- Kandemir, T., & Karataş, H. (2016). Ticari bankaların finansal performanslarının çok kriterli karar verme yöntemleri ile incelenmesi: Borsa İstanbul’da işlem gören bankalar üzerine bir uygulama (2004–2014). *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 5(7), 1766–1776.
- Karaoğlan, S., & Şahin, S. (2018). The evaluation of financial performances of BIST XKMYA companies by multi-criteria decision making methods and comparison of methods. *Ege Academic Review*, 18(1), 63–80.
- Kartal, C. (2020). Katılım bankalarının kar ve maliyet kriterleri açısından VIKOR yöntemi ile performans analizi. *Journal of Management and Economics Research*, 18(1), 158–175. <https://doi.org/10.11611/yead.661364>
- Kaya, A., Pamucar, D., Gürler, H. E., & Ozcalici, M. (2024). Determining the financial performance of the firms in the Borsa Istanbul sustainability index: Integrating multi criteria decision making methods with simulation. *Financial Innovation*, 10(1), Article 21. <https://doi.org/10.1186/s40854-023-00512-3>
- Köse, A., & Akıllı, K. (2021). Aracı kurumların finansal performanslarının VIKOR yöntemi ile değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(2), 168–192. <https://doi.org/10.37880/cumuiibf.952969>
- Opricovic, S. (1998). *Multicriteria optimization of civil engineering systems* [Doctoral dissertation, University of Belgrade]. Faculty of Civil Engineering.

- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)
- Tezergil, S. A. (2016). VIKOR yöntemi ile Türk bankacılık sektörünün performans analizi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 38(1), 357–373. <https://doi.org/10.14780/iibd.92056>
- Tufan, C., & Kılıç, Y. (2019). Borsa İstanbul'da işlem gören lojistik işletmelerinin finansal performanslarının TOPSIS ve VIKOR yöntemleriyle değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(1), 119–137. <https://doi.org/10.37880/cumuiibf.523701>
- Türegün, N. (2022). Financial performance evaluation by multi-criteria decision-making techniques. *Heliyon*, 8(5), Article e09361. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09361>
- Yetiz, F., & Kılıç, Y. (2021). Bankaların finansal performansının VIKOR yöntemi ile değerlendirilmesi: Türkiye örneği. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 13(24), 151–164. <https://doi.org/10.20990/kilisiibfakademik.890105>
- Yılmaz, N. (2020). Türkiye'deki mevduat bankalarının VIKOR yöntemiyle performans analizi. *Journal of Business Research-Turk*, 12(3), 2733–2748.
- Yılmaz, Ö., & Yakut, E. (2021). Entropi temelli TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile bankacılık sektöründe finansal performans değerlendirmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(4), 1297–1321. <https://doi.org/10.16951/atauniiibd.874660>

EXTENDED ABSTRACT

The sustainability and stability of financial markets are widely acknowledged as fundamental drivers of economic growth. Among the core institutions ensuring the health and functionality of these markets, the banking sector plays a pivotal role. Banks serve as vital intermediaries in the economy, performing critical functions such as the efficient allocation of financial resources, converting savings into investments, and maintaining liquidity. These functions are essential for fostering economic development and growth. As a result, evaluating the financial performance of banks is crucial not only for investors seeking to optimize returns but also for policymakers tasked with ensuring the stability of the financial system.

In recent years, global financial crises and heightened market volatility have underscored the need for more rigorous risk assessment and performance analysis within the banking sector. The increasing complexity of the financial environment, particularly in developing economies, has highlighted the importance of understanding the factors that influence the performance of banks. Analyzing these factors in detail is critical for maintaining financial stability. In countries such as Turkey, where the banking sector is one of the most robust components of the economy, evaluating the financial performance of banks has become an indispensable tool for understanding market dynamics, competition, and strategic decision-making.

Numerous methodologies are employed to assess the financial performance of banks. Among these, multi-criteria decision-making (MCDM) techniques are particularly effective, as they allow for comprehensive comparisons across various financial indicators. Traditional single-criterion analyses may fail to capture the multi-dimensional nature of bank performance, especially when multiple conflicting criteria are involved. The VIKOR technique is one such MCDM method, offering a sophisticated approach to identifying optimal solutions when decision-makers face conflicting criteria. VIKOR allows for the ranking of alternatives based on a set of criteria, providing a balanced compromise between the best and worst possible outcomes.

The primary objective of this study is to apply the VIKOR method to analyze the financial performance of banks operating in Turkey's banking sector. By employing this multi-criteria approach, the study seeks to highlight the performance disparities among banks and offer valuable insights to stakeholders, particularly investors. Understanding these performance differences is crucial for strategic decision-making, and the insights derived from such analyses can provide

investors with critical data to inform their decisions regarding equity investments in banks. Furthermore, such analyses contribute to the broader goal of ensuring the stability and sustainability of the financial sector.

The literature contains numerous examples of the application of the VIKOR algorithm to financial performance evaluation, particularly within the Turkish context. These studies have typically focused on sectors such as banking and insurance, examining firms across various financial criteria to determine rankings and performance outcomes. For instance, Çakır (2016) used the VIKOR method to analyze the performance of firms in the Turkish insurance sector, providing a comparative assessment of their financial health. Kandemir and Karataş (2016) applied VIKOR, along with other MCDM techniques like TOPSIS and Grey Relational Analysis, to evaluate the financial performance of deposit banks listed on Borsa Istanbul. Their findings demonstrated the effectiveness of VIKOR in ranking banks according to multiple financial criteria, with Denizbank emerging as the top performer during their study period, while Tekstil Bank ranked lowest. Similarly, Tezergil (2016) employed VIKOR to assess the performance of 28 Turkish banks and found that larger banks tended to outperform smaller institutions, particularly in terms of capital adequacy and profitability ratios.

In line with these prior studies, the present research applies the VIKOR method to analyze the financial performance of 10 banks operating in Turkey, using data from the BIST100 index for the years 2015-2023. The banks included in the study are Akbank (AKBNK), Albaraka (ALBRK), Garanti (GARAN), Halkbank (HALKB), ICBC Turkey (ICBCT), İş Bankası (ISCTR), Şekerbank (SKBNK), Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB), VakıfBank (VAKBN), and Yapı Kredi (YKBNK). These banks represent a diverse cross-section of Turkey's banking industry, with varying business models and financial structures. Data for the analysis were obtained from the Investing.com Pro platform, ensuring accuracy and relevance for the study period.

The study focuses on seven key financial criteria that are commonly used in evaluating bank performance. These include the leverage ratio, return on equity (ROE), gross profit, cash ratio, adjusted price-to-earnings (P/E) ratio, return on assets (ROA), and total equity. Each of these criteria provides a different perspective on a bank's financial health. For example, the leverage ratio gives insight into a bank's financial risk, while ROE and ROA measure the profitability of the bank from the perspective of shareholders and asset utilization, respectively. The cash ratio is

a key liquidity indicator, while the adjusted P/E ratio offers a market-based view of the bank's valuation relative to its earnings. Finally, gross profit and total equity provide broad measures of financial performance and capital adequacy.

The VIKOR method was applied to rank the banks for each year, based on these seven criteria. The Q_i parameter (with $q=0.5$) was used to calculate a balanced compromise solution for each bank. The results reveal significant variations in the financial performance of the banks over the study period. Garanti Bank (GARAN) consistently ranked as one of the top performers, particularly excelling in profitability-related metrics such as ROE and ROA. Its financial strength, particularly in terms of its high gross profit and equity ratios, positions Garanti Bank as a leader in Turkey's banking sector. This robust performance demonstrates Garanti's ability to navigate market challenges and maintain strong financial results even during periods of economic uncertainty.

İş Bankası (ISCTR) also performed well, ranking second overall. İş Bank's strong performance in gross profit and total equity highlights its financial resilience, while its relatively high leverage ratio compared to Garanti Bank suggests a more aggressive capital structure. Despite this, İş Bank consistently demonstrated strong profitability and asset management, positioning it as a key competitor in the Turkish banking market.

On the other hand, Halkbank (HALKB) and ICBC Turkey (ICBCT) ranked at the bottom of the performance scale. Both banks struggled in key financial indicators such as adjusted P/E ratio and ROA, suggesting that they faced challenges in achieving sustainable profitability. Halkbank, in particular, exhibited weak performance in liquidity management, with low cash ratios that may indicate potential vulnerabilities in its ability to meet short-term obligations. ICBC Turkey, with its high leverage and low profitability, appears to have a more precarious financial position, suggesting the need for strategic adjustments to improve its financial performance.

The findings also reveal that mid-tier banks, such as ALBARAKA Türk (ALBRK) and Şekerbank (SKBNK), exhibited mixed performance. Albaraka Türk's strong ROE and above-average asset utilization were offset by weaker performance in leverage and adjusted P/E ratios, highlighting a disparity in the bank's financial strengths and weaknesses. Şekerbank, meanwhile, demonstrated moderate performance, particularly excelling in gross profit and equity measures, although its lower leverage ratio suggested a more conservative approach to risk management.

These findings underscore the diversity of financial strategies and outcomes among Turkish banks during the 2015-2023 period. By analyzing these institutions through multiple criteria, the study highlights the importance of considering a broad range of financial indicators when assessing bank performance. Furthermore, the use of the VIKOR method allows for the identification of banks that may excel in some areas while underperforming in others, providing a nuanced view of financial health.

In conclusion, this study provides a comprehensive assessment of the financial performance of Turkish banks from 2015 to 2023 using the VIKOR method. The results reveal significant disparities in performance, with some banks, such as Garanti Bank and İş Bank, consistently ranking at the top, while others, such as Halkbank and ICBC Turkey, struggled to maintain competitive performance. These findings have important implications for investors and policymakers alike, as they offer a detailed understanding of the strengths and weaknesses of Turkey's leading financial institutions.

The application of the VIKOR method demonstrates its effectiveness in assessing bank performance based on multiple criteria. This multi-dimensional approach allows for a more holistic evaluation of financial health, incorporating not only profitability but also liquidity, leverage, and market-based indicators. The insights generated by this analysis are particularly valuable in light of the economic challenges posed by global financial crises and the COVID-19 pandemic, both of which have had significant impacts on the financial performance of banks worldwide.

For investors, this analysis provides critical data to inform strategic decisions regarding equity investments in Turkish banks. By understanding the financial stability and profitability of different institutions, investors can make more informed decisions about where to allocate their resources. Additionally, policymakers can use these findings to assess the overall health of the banking sector and identify potential areas of concern that may require regulatory intervention.

In summary, this study contributes to the existing literature by providing a detailed, multi-criteria analysis of Turkish banks' financial performance over an extended period. The VIKOR method offers a valuable tool for evaluating the complexities of bank performance, particularly in dynamic and volatile financial environments. As such, it provides both practical and theoretical insights into the factors that drive success in the banking industry, offering a roadmap for future research and decision-making.



Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 363-394, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 30.12.2024 Accepted / Kabul: 06.02.2025

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1610392>

Türkiye’de Phillips Eğrisinin Geçerliliği: MS-VAR Modeli Yaklaşımı

Burhan DURGUN^a

^a Arş. Gör. Dr., Dicle Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Diyarbakır, TÜRKİYE

<https://orcid.org/0000-0001-7742-6059>

Öz

İşsizlik ve enflasyon oranlarından birinin veya ikisinin yüksek olması ekonominin istikrarsız olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu olguların kontrol altına alınabilmesi için aralarında bir ilişki olup olmadığı ve varsa ilişkinin şeklinin anlaşılması önem arz etmektedir. İşsizlikle enflasyon arasında bir değiş-tokuş olduğunu ileri süren Phillips hipotezi politika yapıcılar tarafından benimsenip uygulama alanı bulmuştur. Ancak literatürdeki çalışmalarda bu hipotezin geçerliliği konusunda bir fikir birliği bulunmamaktadır. Bu çalışmada Türkiye için işsizlik ile enflasyon arasındaki dinamik ilişkiler Markov rejim değişim modeli kullanılarak araştırılmıştır. İki rejimli modelin veri yapısına uygun olduğu belirlenmiş ve bu rejimler düşük istikrarsızlık ve yüksek istikrarsızlık dönemleri olarak adlandırılmıştır. MS-VAR modeli sonuçlarına göre düşük istikrarsızlık döneminde enflasyonla işsizlik arasında pozitif ve zayıf bir ilişki bulunmaktayken yüksek istikrarsızlık döneminde güçlü ve negatif bir ilişki bulunmaktadır. Doğrusal olmayan nedensellik testi işsizlikten enflasyona doğru bir nedensellik ilişkisinin olduğunu göstermiştir. Rejimlere bağlı nedensellik analizinde ise yüksek istikrarsızlık dönemlerinde işsizlikten enflasyona doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu sonuçlar ekonomide yüksek istikrarsızlık dönemlerinde Phillips eğrisinin geçerli olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler

İşsizlik, Enflasyon, Phillips Eğrisi, MS-VAR Modeli

JEL Kodu

E24, E31, E63

İletişim Burhan DURGUN ✉ burhan.durgun@dicle.edu.tr Dicle Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Diyarbakır, TÜRKİYE

Atıf Durgun, B. (2025). Türkiye’de Phillips Eğrisinin geçerliliği: MS-VAR modeli yaklaşımı. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 363-394.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Validity of the Phillips Curve in Türkiye: MS-VAR Model Approach

Abstract

In the context of economic analysis, the presence of high unemployment and inflation rates signifies an unstable economy. Consequently, it is imperative to ascertain the existence of a relationship between these phenomena and to determine the nature of the relationship, if any. The Phillips hypothesis, which posits a trade-off between unemployment and inflation, has been adopted and implemented by policymakers. However, there is a lack of consensus within the academic community regarding the validity of this hypothesis. This study utilizes the Markov regime-switching model to examine the dynamic relationship between unemployment and inflation in Türkiye. The analysis determines a two-regime model as being suitable for the data structure, with these regimes designated as low instability and high instability periods. The findings of the MS-VAR model reveal a positive and weak relationship between inflation and unemployment in the low instability period, while a strong and negative relationship is observed in the high instability period. The non-linear causality test indicates a unidirectional causality relationship from unemployment to inflation during periods of high instability. The regime-specific causality analysis suggests a unidirectional causality relationship from unemployment to inflation during periods of high instability, thereby validating the Phillips curve in such economic periods.

Keywords

Unemployment, Inflation, Phillips Curve, MS-VAR Model

JEL Classification

E24, E31, E63

1. Giriş

Bireyler genel olarak temel yaşam gereksinimlerini istihdam vasıtasıyla yerine getirmektedir. İstihdam ayrıca fiziksel ihtiyaçları karşılamaktan daha fazlasını sağlayabilmektedir. İstihdam edilenler kabiliyetlerini ilerletebilir, özgüvenini geliştirebilir ve başarı sağlayıp kendini gerçekleştirmede yeni imkanlar yaratabilir. İşsizlik ise kaygı ve depresyonu artırır, iş bulma çabalarının sonuçsuz kalması öz saygının azalmasına ve fiziksel sağlığın olumsuz yönde etkilenmesine yol açabilmektedir (Linn vd., 1985). Bir ülkede işsizliğin varlığı o ülkedeki insan sermayesinin aşınmasına, yoksulluğun yaygınlaşmasına ve gelir eşitsizliğinin artmasına, sosyal dışlanmaya, protestolara, suç oranlarının ve hastalıkların artmasına neden olabilmektedir. İşsizliğin yarattığı olumsuz ekonomik ve sosyal etkilerden dolayı büyüme hedeflenirken işsizliği azaltacak sağlıklı politikaların hayata geçirilmesi büyük önem taşımaktadır (Makaringe vd., 2018). İşsizlik, ülkelerin karşı karşıya olduğu en önemli sorunlardan biri olduğu için dünya çapında ekonomi politikalarının ana odak noktalarından biri haline gelmiştir.

İşsizliği kontrol altına alabilmek için öncelikle işsizliği arttıran olguları belirlemek gerekmektedir. İşsizliğin etkileşim içinde olduğu makroekonomik değişkenlerin belirlenmesi politika yapıcılara çeşitli seçenekler sunabilmektedir. İşsizliği azaltan olumlu güçlerin tespiti karar alıcılar için bir araç sağlarken, olumsuz güçler bir değiş-tokuş seçeneği sunmaktadır. Bu

tartışmaların sürdüğü yıllarda Phillips (1958) yaptığı çalışmada işsizlik oranı ile parasal ücretlerdeki değişim oranı arasında ters yönlü ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Buna göre, iş faaliyetlerinin arttığı, emek talebinin arttığı ve işsizliğin azaldığı bir yılda, işverenler, ortalama işsizliğin aynı olduğu ancak emek talebinin artmadığı bir yıla göre emek için daha fazla ücret artışı teklifinde bulunacaklardır. Samuelson ve Solow (1960) ise işsizlik ile parasal ücretler arasındaki bu ilişkiyi, enflasyon oranıyla işsizlik oranı arasındaki ilişkiyi gösterecek şekilde dönüştürmüşlerdir. Dolayısıyla, enflasyon oranının, işsizlik oranı düşük olduğunda yükseleceğini, işsizlik oranı yüksek olduğunda ise enflasyon oranının düşeceğini ortaya koyarak bu dönüşümü gerçekleştirmişlerdir.

Phillips hipotezi, enflasyon ile işsizlik arasında istikrarlı bir ilişkinin bulunduğu 1960'lı yılların hâkim ekonomi anlayışının bir parçası olmaktaydı. İşsizlik ve enflasyon arasındaki ilişkiyi ortaya koyan Phillips eğrisinin politika yapıcılara seçim menüsü sağladığı düşünülmekteydi. Enflasyona bir miktar katlanmak pahasına işsizliği düşürmek mümkün olabilmekteydi. Calmfors ve Holmlund'a (2000) göre bu görüş zamanla geçerliliğini kaybetmiştir. Teorik ve ampirik kanıtlar, Phillips eğrisinin istikrarlı olduğu yönündeki görüşleri kabul etmemektedir. Uzun dönemde enflasyon ve işsizlik birbirinden bağımsız görünmektedir. Ancak kısa dönemde enflasyon ile işsizlik arasında bir değiş tokuş ilişkisi meydana geldiği görülmektedir. Dolayısıyla kısa dönemde negatif eğimli olan Phillips eğrisi uzun dönemde dikey görünmektedir.

Phillips eğrisi, makroekonominin merkezi bir bileşenidir. İşsizlik oranının bir fonksiyonu olarak enflasyon oranını belirleyen yapısal bir denklem sağlamaktadır. Politika üzerinde temel bir kısıtlama oluşturduğu için politika oluşturma açısından da merkezi bir öneme sahiptir. Phillips eğrisi, enflasyonu kontrol altına almayı amaçlayan sıkılaştırıcı para ve maliye politikalarının daha yüksek işsizlik oranlarına neden olabileceğini göstermektedir. Bu durum, politika yapıcılara düşük enflasyon oranlarına veya düşük işsizlik oranlarına öncelik verme konusunda bir seçim imkânı sunmaktadır. Enflasyonist baskıların güçlü olmadığı durumlarda ekonomik aktiviteyi hızlandırmak ve işsizliği azaltmak için politika alanı sağlamaktadır. Bununla birlikte, enflasyonist baskıların arttığı durumlarda bu değiş tokuşla ilgili tartışmalar yoğunlaşmaktadır. Çünkü enflasyonu aşağı çekebilmek için durgunluklar ve işsizlikte önemli artışların yaşanması gerekebilmektedir.

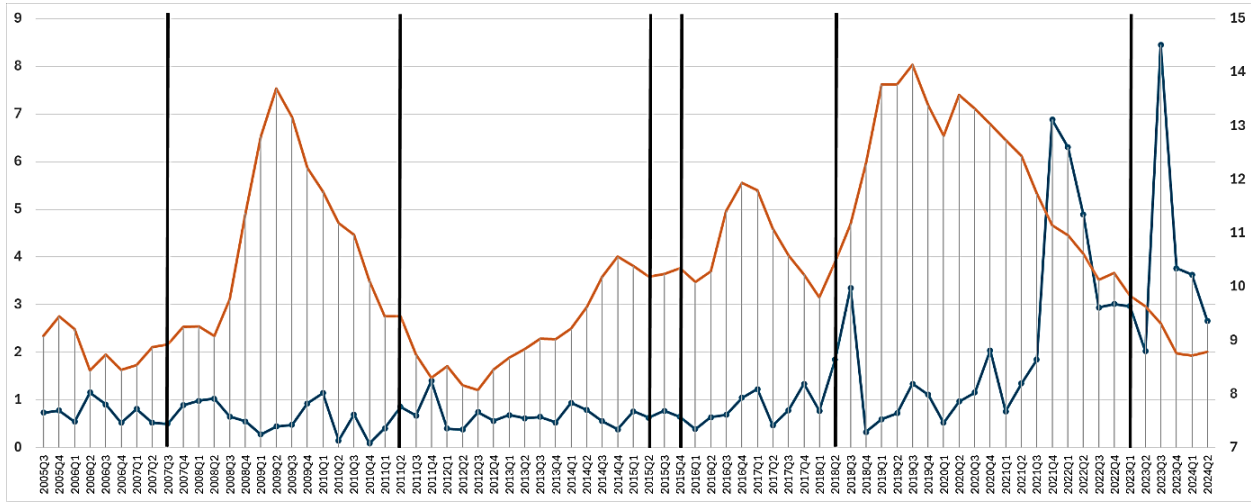
Politikacıların işsizlik ve enflasyonla ilgili görüşleri belli dönemlerde değişkenlik arz edebilmektedir. Bununla ilgili olarak kamu tercihi teorisi, iktidarların tekrar seçilebilmek için

uyguladığı seçim ekonomisi nedeniyle ekonomide meydana gelen dalgalanmaları gösteren politik konjonktürel hareketleri incelemektedir. Bu teori, siyasetçilerin oy maksimizasyonu peşinde koştuklarını varsaymakta ve ellerinde bulunan politika araçlarını kullanarak ekonomiyi politize ettiklerini savunmaktadır (Aktan ve Güdenoğlu, 2023). Nordhaus (1975) tarafından kaleme alınan “Politik konjonktür hareketleri (The political business cycle)” başlıklı makale, siyaset ve ekonomi arasındaki ilişkilerden kaynaklanan iktisadi dalgalanmaların incelendiği öncü çalışmalardan biridir. Söz konusu çalışma, kararların siyasi bir çerçeve içerisinde alındığı basit bir kamusal zamanlar arası tercih modelini araştırmaktadır.

Nordhaus (1975) makalesinde fırsatçı “politik iş döngüsü” fikrini formülize etmiş ve açıklığa kavuşturmuştur. Model, enflasyon ve işsizlik üzerinde sömürülebilir bir Phillips eğrisi ve seçimlerden hemen önce ekonominin performansına dayanarak oy kullanan miyop seçmenlerin olduğunu varsaymaktadır. Bu modele göre, politikacılar hızlı büyüme yaratmak ve işsizliği azaltmak için seçimlerden önce toplam talebi teşvik etmektedir. Bu politikaların enflasyonist sonuçları daha sonra seçim sonrası bir daralma ile ortadan kaldırılmaktadır (Alesina vd., 1993). İktisadi veriler seçmenlerin tercihlerini etkileyen önemli göstergelerdir. Yeniden seçilmeyi ve oy oranını artırmayı amaçlayan hükümetler, seçim döneminde oy miktarını artıracak genişletici politikalar izlemektedir. Seçim döneminde izlenen genişletici politikalar, düşük işsizliğin; seçimden sonraki dönemde ise yüksek enflasyonun ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Sonuç olarak, seçim döneminde izlenen politikalar siyasetçileri işsizlik ve enflasyon arasında bir tercih yapmaya itmekte ve izlenen politikalardan konjonktürel dalgalanmalar ortaya çıkmaktadır.

Şekil 1’de Türkiye’de 2005-2024 dönemindeki genel seçim dönemleri dikkate alınarak işsizlik ve enflasyondaki eğilimler gösterilmektedir. Beş genel seçim ve bir erken seçimin yaşandığı dönemde (kalın siyah çizgiler) genel olarak seçim öncesinde enflasyonda artış ve işsizlikte düşüş eğilimi görülmektedir. Avrupa Birliği ile ilişkilerin olumlu ilerlediği, nispeten daha düşük enflasyon ve işsizlik oranlarını görüldüğü ve döviz kurlarının istikrarlı olduğu 22 Temmuz 2007 seçimi öncesinde istikrar bozucu seçim ekonomisi uygulanmasına gerek duyulmamıştır. Küresel finans krizinin etkilerinin azalmaya başladığı yıllarda 12 Eylül 2010 referandumunda istediği sonucu elde eden AK Parti hükümetinin uyguladığı politikalarla 12 Haziran 2011 seçimi öncesinde işsizlikte düşüşe enflasyonda nispeten artış eşlik etmiştir. 7 Haziran 2015 tarihinde gerçekleştirilen seçim öncesi düşük oranlarda da olsa işsizlikte düşüş-enflasyonda yükseliş görülmüştür. Hükümet kurulamadığı için 1 Kasım 2015 tarihinde tekrarlanan genel seçim

öncesinde ise kısa dönemli seçim sürecinde daha çok ulusal güvenlikle ilgili konular belirleyici olmuştur. 24 Haziran 2018 genel seçimleri öncesinde seçim ekonomisinin uygulandığı net olarak görülmektedir. Seçim öncesinde işsizlikteki düşüşle birlikte enflasyondaki artış eğilimi seçim sonrasında tersine dönmüştür. Aynı yılın Ağustos ayında yaşanan Rahip Brunson olayı nedeniyle ülke ekonomisine yönelik saldırılar kur şokuna neden olmuş ve maliyet itişli enflasyon yaratmıştır. 2023 yılının Mayıs ayında yapılan son genel seçimler öncesinde de uygulanan iktisadi gerçeklikten uzak genişletici para ve maliye politikaları işsizliği azaltıp 2000’li yılların en yüksek enflasyonunun yaşanmasına neden olmuştur. Seçim sonrasında maliye politikasına göre daha sıkı bir şekilde uygulanan para politikasının dezenflasyon sürecine katkısı sınırlı kalmıştır.



Şekil 1. Türkiye’de Seçim Dönemlerinde İşsizlik ve Enflasyon Eğilimleri, Kaynak: TÜİK

Phillips eğrisinin geçerliliğini Türkiye özelinde inceleyen bu çalışma da süregelen tartışmalara yeni bir katkı yapmak amacıyla kaleme alınmıştır. Bu konuyu ele alan önceki çalışmaların çoğunda analiz edilen dönem için tek bir sonuç veren yöntemler kullanılmıştır. Kantil bazlı veya zamanla değişen etkileri ortaya çıkaran analizler daha kapsamlı sonuçlar verebilse de dönemleri homojen olarak ele almaktadır. Ancak belli dönemlerdeki politika değişimlerinin etkisini inceleyen analizler uygulanan politikaların sonuçlarının değerlendirilmesi açısından faydalı bilgiler sunabilmektedir. Bu anlamda piyasa veya ekonomilerde istikrarsızlık veya yüksek oynaklık durumunda değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya çıkaran rejim değişimi bazlı yöntemlerin katkısı daha değerli olabilmektedir. Bu çalışmada da işsizlik ve enflasyon arasındaki bağı farklı rejimler için test eden MS-VAR modeli kullanılmıştır. Türkiye özelinde yapılan çalışmalarda tek değişkene bağlı rejimleri baz alan MS-AR yönteminin kullanılması ve rejim

değişimini her iki değişkendeki değişikliklere göre belirleyen bir çalışmanın bulunmamasının yanında Türkiye’nin özellikle son yıllardaki yüksek enflasyon ve işsizlik oranları ve bu oranların oynaklığı mevcut çalışmanın şekillenmesinde motivasyon kaynağı olmuştur. Çalışmadaki bir başka farklılık ise işsizlikle enflasyon arasındaki nedensellik ilişkilerini de rejimlere bağlı olarak analiz etmesidir.

Çalışmanın izleyen kısımlarında ilk olarak konu ile ilgili literatüre yer verilmiştir. Daha sonra ampirik bölümde öncelikle veri ve yöntemler tanıtılmış ardından analiz bulguları yorumlanmıştır. Genel değerlendirmenin yapılab politik önerilerinin sunulduğu kısım ise sonuç bölümünü oluşturmaktadır.

2. Ampirik Literatür

Literatürde enflasyon ve işsizlik arasındaki teorik ve ampirik ilişkileri araştıran birçok çalışma olmasına rağmen bazı çalışmalar karşıt ve çelişkili sonuçlara ulaştığı için enflasyon ve işsizlik arasındaki ilişki tartışmaları devam etmektedir. Bu tartışmalar, A. W. Phillips’in (1958) önermelerinin geçerliliği çerçevesinde devam etmektedir. Bu bağlamda mevcut çalışmanın Türkiye’de Phillips eğrisine göre mevcut durumun ortaya konulmasına ve politika önerileri sunulmasına olanak sağlayacağı düşünülmektedir. Ampirik literatürde Phillips hipotezi üzerine yapılmış bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir. Literatür özetlemesi uluslararası çalışmalar, Türkiye’yi ele alan çalışmalar ve Markov rejim değişim modellerini baz alan çalışmalara ayrı ayrı yer verilerek sınıflandırılmıştır.

9 OECD ülkesini inceleyen DiNardo ve Moore (1999), ortak bir Phillips eğrisini analiz etmek için 1970-1996 dönemindeki çeyreklik verilerden faydalanmışlardır. Panel veri analizinin kullanıldığı çalışmada, elde edilen bulgular ele alınan ülkelerde ortak bir Phillips eğrisinin varlığını doğrulamaktadır. Phillips eğrisinin 1970’ler, 1980’ler ve 1990’lar için aynı fonksiyonel formla tahmin edildiği çalışma, 1970’lerde Phillips eğrisinin ampirik olarak başarısız olmasını beklentilerin değişmesine ve en az onun kadar önemli olan arz şoklarına bağlamaktadır.

Furuoka (2007), 1973-2004 yıllarını kapsayan çalışmasında, Malezya’da enflasyon oranı ile işsizlik oranı arasındaki ilişkiyi ampirik olarak incelemiştir. Çalışma Malezya’da işsizlik oranı ile enflasyon oranı arasında uzun vadeli ve değiş-tokuş ilişkisinin ve aynı zamanda nedensel ilişkinin var olduğunu göstermektedir. Özetle çalışmada Malezya örneğinde Phillips eğrisinin varlığını destekleyen ampirik bir kanıt bulunmuştur.

Dritsaki ve Dritsaki (2013), 1980-2010 döneminde yıllık verilerden yararlanarak Yunanistan'da enflasyonla işsizlik arasındaki ilişkiyi ortaya koymaya çalışmışlardır. Bu amaçla Johansen eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik testinden yararlanılmıştır. Sonuçlar, söz konusu dönemde Yunanistan'da enflasyonla işsizlik arasında uzun dönemli ve nedensel ilişkinin var olduğunu gösterirken, kısa dönemde enflasyon-işsizlik arasında bir bağın olmadığını göstermektedir.

Klasik Phillips eğrisi enflasyon ve işsizlik arasında negatif bir ilişki göstermektedir. Ancak bazı araştırmalar enflasyon ve işsizlik arasında zamansal pozitif ve negatif ilişkiler olduğunu ortaya koymuş ve bu durum Phillips eğrisinin eleştirilmesine yol açmıştır. Ho ve Iyke (2019) tarafından, 1999:M1-2017:M2 periyodunda aylık veriler kullanılarak 11 Avro Bölgesi ülkesi için hem kısa hem de uzun vadeli Phillips eğrileri tahmin edilmiştir. Doğrusallık varsayımıyla kısa ve uzun dönemde Phillips eğrisinin geçerli olduğu bulunmuştur. Ayrıca, eşik etkilerine dair kanıtlar bulunduğu için klasik Phillips eğrisindeki doğrusallık varsayımının çok güçlü olabileceği tespit edilmiştir. İşsizlikteki eşikler %5 ve %6.54 olarak bulunmuştur. İşsizlik %5'ten düşük olduğunda enflasyon ve işsizlik arasındaki ilişki negatif iken, işsizlik %5 ile %6.54 arasındayken ilişki pozitifte dönmekte ve %6.54'lük bir işsizlik oranı eşiği aşıldığında enflasyon ve işsizlik arasındaki ilişki ilgisiz hale gelmektedir. Çalışmanın bulguları, Phillips eğrisindeki eşik etkilerinin önemini vurgulamıştır.

1991-2019 döneminde yıllık verilerin kullanıldığı çalışmada, Kırca ve Canbay (2020) tarafından Kırılgan Beşli ülkeler olarak adlandırılan ülkelerde enflasyon ve işsizlik arasındaki ilişkiler panel veri yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, Hindistan'da işsizlikten enflasyona doğru negatif ve Türkiye'de enflasyondan işsizliğe doğru negatif nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Diğer üç ülkede ise işsizlikle enflasyon arasında ilişki bulunamamıştır.

Korkmaz ve Abdullazade (2020), G6 ülkelerinde 2009–2017 döneminde yıllık verileri kullanmış ve enflasyondan işsizliğe doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulmuşlardır. Demez ve Polat (2021), 1997-2019 yılları arasında EAGLEs ülkelerinde enflasyon, işsizlik ve büyüme arasındaki nedensellik ilişkilerini değerlendirmişlerdir. Çeşitli ülkelerde büyüme değişkeninin işsizlik ve enflasyonla nedensel bağlantılarının tespit edildiği çalışmaya göre sadece Brezilya'da işsizliğin enflasyonun nedeni olduğu raporlanmıştır.

Popescu ve Diaconu (2022), G7 ülkelerinde yeni Keynesyen yaklaşımın uygulanmaya başladığı 1971 yılından 2020 yılına kadar olan dönemde Phillips eğrisinin geçerliliğini test etmişlerdir. Johansen yaklaşımının benimsendiği çalışmada kısa dönemde hipotezle uyumlu olarak enflasyon ve işsizlik arasında bir değiş-tokuşun bulunduğu fakat uzun dönemde hem enflasyonun hem de işsizliğin birlikte var olabileceği tespit edilmiştir.

Bükey ve Kalkan (2024), 1992:M1-2023:M4 döneminde Almanya’da işsizlik enflasyon bağlantısını Johansen eşbütünleşme ve Toda-Yamamoto nedensellik testiyle incelemişlerdir. Yazarlar Phillips eğrisinin önerdiği şekilde uzun ve kısa dönemde eşbütünleşme veya nedensellik ilişkisi tespit edememişlerdir.

2000-2022 periyodunda çeyreklik verilerin kullanıldığı çalışmada, El-Shagi ve Tochkov (2024), Çin’deki çıktı açığındaki değişikliklere enflasyonun verdiği tepkide bölgesel heterojenliğin varlığını panel veri yöntemiyle incelemişlerdir. Çalışmada bölgesel heterojenliğin varlığı, sabit etkiler ve ortalama grup tahmincisi karşılaştırılarak test edilmiştir. Elde edilen bulgular, enflasyonun illerdeki talep şoklarına duyarlılığına sanayi ve pazar ilerlemesinin payının önemli katkı sağladığına işaret etmektedir. Ayrıca, ulusal ve il düzeyindeki çıktı açıkları ile enflasyon oranları arasında nispeten düşük bir korelasyon olduğu tespit edilirken, bu durum bölgesel heterojenliğin TÜFE enflasyonunu hedefleyen üniter para politikasının etkinliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Türkiye özelinde yapılan çalışmalarda çeşitli yaklaşımlarla işsizlik ile enflasyon ilişkisi irdelenmiştir. Literatürdeki bazı çalışmaların özeti yer almaktadır.

Kuştepelı (2005), Phillips eğrisinin geçerli olup olmadığını yıllık (1980-2001) ve altı aylık (1988:2-2003:1) veri seti kullanarak regresyon analizi yöntemiyle araştırmıştır. Sonuçlar, tüm spesifikasyonlar ve her iki veri seti için Phillips eğrisinin Türkiye’de geçerli olmadığını, yani enflasyon ve işsizlik arasında bir denge olmadığını göstermiştir. Regresyon analizinden elde edilen en önemli sonuç, enflasyon beklentilerinin cari dönemde işsizlik oranından ziyade enflasyon açısından anlamlı olmasıdır. Başka bir deyişle, sonuçlar Türkiye'nin enflasyon sorununu, ekonomideki enflasyon beklentilerini düşürmeyi amaçlayan uygun politikalarla çözmesi gerektiğini ima etmektedir. Bu durumda ekonomideki aktörlerin enflasyonu, enflasyon beklentilerini düşürmeyi amaçlayan uygun mali ve parasal politikalarla çözmeleri gerekmektedir.

Tabar ve Çetin (2016), 2003-2016 döneminde Phillips eğrisinin kısa ve uzun dönemde geçerli olup olmadığını araştırmışlardır. Yapılan araştırma sonucunda, Phillips eğrisinin hem kısa dönemde hem de uzun dönemde geçerli olmadığı tespit edilmiştir. 2005:M1-2018:M4 dönemindeki aylık verilerin kullanıldığı bir başka çalışmada Şahin (2019), işsizlik ve enflasyon arasındaki ilişkiyi zaman serisi yöntemleriyle sınamıştır. Test sonuçlarına göre, enflasyonla işsizlik arasında uzun dönemli ilişki tespit edilmiş ve bu iki değişken arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

1988-2017 döneminde Türkiye'yi ARDL yaklaşımıyla inceleyen Dereli (2019), hem kısa hem de uzun dönemde işsizlik ile enflasyon arasında ödünleşim olduğunu tespit etmiştir. Özer (2020), 2006:M1-2017:M12 döneminde işsizlik enflasyon bağlantısını Fourier tabanlı FADL eşbütünleşme testiyle araştırmıştır. Enflasyonun bağımlı değişken olduğu spesifikasyonda eşbütünleşik ilişkinin varlığı doğrulanmıştır. Uzun dönem esnekliğinde ise işsizlikteki artışın enflasyon oranını düşürdüğü yani Phillips hipoteziyle uyumlu olarak aralarında değiş-tokuş ilişkisinin bulunduğu tespit edilmiştir. Türkiye'yi inceleyen bir başka çalışmada Yıldırım ve Sarı (2021), 2005:M1-2020:M8 dönemine odaklanmıştır. Fourier Shin eşbütünleşme testi sonuçları işsizlik ve enflasyon arasında önceki çalışmadan farklı olarak uzun dönem ilişkisinin bulunmadığını göstermiştir.

Literatür taramasında son olarak Markov rejim değişim modellerinin baz alındığı çalışmalar incelenmiştir. Konunun Türkiye özelinde de değerlendirildiği çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Vredin ve Warne (2000), üç ülkede (İsveç, Birleşik Krallık ve ABD) MS-VAR modelleriyle düşük enflasyon dönemlerinin yüksek veya düşük işsizlik oynaklığı ile ilişkili olup olmadığını incelemişlerdir. İki rejimli durumun dikkate alındığı çalışmadan elde edilen hem teorik hem de ampirik sonuçlar, merkez bankası "muhafazakarlığındaki" artışın işsizlikte daha yüksek veya daha düşük bir varyansla ilişkilendirilebileceğini göstermektedir. ABD'de düşük enflasyon rejiminde işsizlik varyansının yüksek enflasyon rejimine göre daha düşük olduğunu, İsveç ve İngiltere örneklerinde ise düşük enflasyon rejiminde işsizlik değişkenliğinin daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Phillips eğrisi genellikle doğrusallık ve parametre sabitliği varsayımı altında tahmin edilmektedir. Ancak doğrusal enflasyon modellerini zayıf tahmin performansları nedeniyle eleştiren Demers (2003), Kanada'da doğrusallık ve sabitlik varsayımı iki farklı yöntem (Bai-Perron

ve üç rejimli Markov regresyon modeli (MS-AR)) kullanarak değerlendirme yapmıştır. Kullanılan her iki modelde de doğrusallık ve sabitlik varsayımı güçlü bir şekilde reddedilmiştir. Çalışma, düşük ve istikrarlı enflasyon durumunda uygulanan enflasyon hedeflemeli para politikası altında, çıktı-enflasyon ilişkisinin geçerli olmadığını ortaya koymaktadır. Başka bir deyişle, enflasyon beklentileri Kanada’da enflasyon hedefinin uygulanmasından bu yana sağlam bir şekilde sabitlenmiştir. Ayrıca, düşük enflasyon rejiminin ürettiği yenilikler ortalama olarak enflasyon beklentilerini kalıcı olarak etkilememektedir.

Önder (2009), Türkiye’de Phillips eğrisinin istikrarlı olup olmadığını ortaya koymak için 1987:M1-2004:M7 döneminde yapısal değişim ve Markov rejim modellerini kullanarak test etmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular, Türkiye’de Phillips eğrisinin kararlı ve doğrusal olmadığını gösterirken, Şubat 2001’de yaşanan krizin yapısal değişmeye yol açtığına dair kanıtlara ulaşılmıştır. Markov rejim modeli, enflasyonun düşük olduğu dönemde Phillips eğrisinin varlığını desteklerken, yüksek enflasyon rejimi için istatistiksel anlamlılığın azaldığını göstermektedir. Türkiye’deki iki ekonomik krizin de dahil olduğu yüksek ve değişken dönem için modelin anlamsız olduğu görülmüştür.

Brezilya’yı inceleyen Nobrega vd. (2020), 2000:Q1-2016:Q4 dönemindeki ücret artışı-işsizlik dinamiklerini Markov rejim değişim modeliyle değerlendirmişlerdir. Çalışma bulguları, varyansın daha büyük olduğu ikinci rejimde Phillips hipotezinin geçerli olduğunu birinci rejimde ise geçerli olmadığını ortaya koymuştur. Ayrıca ücret artışının rejimler arasındaki değişkenliğinin tek sorumlusunun işsizlik oranı olduğu sonucuna varılmıştır.

Buthelezi (2023), Güney Afrika’nın 2008:Q1-2022:Q1 döneminde farklı işsizlik rejimlerinde Phillips eğrisinin geçerliliğini Markov rejim değişim dinamik regresyonu yaklaşımıyla test etmiştir. Yüksek işsizlik oranlarının yaşandığı Güney Afrika’da nispeten düşük işsizlik rejiminde (%25.55) enflasyon oranındaki %1’lik artışın işsizlikte %2.62’lik bir artışa yol açacağı; yüksek işsizlik rejiminde ise (%33.59) enflasyondaki %1’lik artışın işsizlikte %0.06’lık düşüşle sonuçlanacağı tespit edilmiştir. Özet olarak ciddi bir işsizlik sorunuyla boğuşan Güney Afrika’da işsizliğin yüksek olduğu dönemlerde Phillips eğrisinin geçerli olduğu bildirilmiştir.

İlhan (2024), Türkiye’de 2006:M1-2023:M9 dönemindeki aylık verileri kullanarak farklı enflasyon rejimlerinde enflasyonun belirleyicilerini Markov rejim değişim modeliyle (MS-AR) araştırmıştır. Döviz kuru, petrol fiyatları ve işsizliğin dahil edildiği modelde her iki rejimde de

Phillips eğrisinin geçerli olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca petrol fiyatları sadece düşük enflasyon döneminde enflasyonu artırırken döviz kuru her iki rejimde de enflasyonu arttırmaktadır.

Ampirik literatürdeki sonuçlar incelendiğinde Phillips eğrisinin geçerliliği ve şekli hakkında net bir fikir söylemek güçtür. Analiz edilen ülkelerin farklı ekonomik profillerde olması, ele alınan dönemlerin farklılaşması ve yine farklı yöntemlerin kullanılması dominant bir eğilimden bahsedilmesini güçleştirmektedir. Mevcut çalışma istikrarsızlığın sadece enflasyon veya sadece işsizlik değil her iki göstergenin yüksek olduğu durumlardan da kaynaklandığı varsayımı altında Phillips eğrisinin geçerliliğini araştırarak yeni bir katkı sunmaktadır.

3. Veri ve Yöntem

3.1. Veri

İşsizlik ile enflasyon arasındaki ilişkinin değerlendirildiği bu çalışmada açık kaynaklardan elde edilen ikincil veriler kullanılmıştır. 2005:Q1-2024:Q2 dönemini kapsayan veri seti TÜİK istatistiklerinden derlenerek oluşturulmuştur. Aylık değerlerde gözlenen aykırı değerlerin etkisini sınırlamak amacıyla Stock ve Watson (2008) ve Mutascu'nun (2019) çalışmalarını takip ederek çeyreklik ortalama veriler kullanılmıştır. Her iki değişken de TRAMO/SEAT yöntemiyle mevsimsellikten arındırılmıştır. Analizlerde işsizlik *unr* şeklinde enflasyon ise *cpi* şeklinde gösterilmektedir. Analizlerden önce bu analizlerde kullanılan yöntemlerin arka planı hakkında bilgi verilmiştir. İlk olarak serilerin doğrusallığı klasik doğrusal olmamayı test eden BDS (Brock, Dechert ve Scheinkman) testi ve Markov rejim değişim spesifik doğrusallık sınaması olan Di Sanzo (2009) testiyle sınanmıştır. Daha sonra serilerin durağanlık mertebesi hem doğrusal durumu dikkate alan ADF ve PP testi hem de doğrusal olmayan durumu dikkate alan LNV (Leybourne-Newbold-Vougas) testiyle tespit edilmiştir. MS-VAR modeliyle işsizlikle enflasyon arasındaki ilişkiler belirlendikten sonra Dicks-Panchenko ve MS-Granger nedensellik testleriyle nedensel bağlantılar irdelenmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Doğrusal Olmama Testleri

Doğrusal yapıdaki zaman serilerinin tahminlerinden elde edilen hataların ilişkisiz (korelasyonsuz) olduğu varsayılmaktayken bağımsız ve özdeş bir dağılıma (iid) tabi olması gerekmektedir. Ancak doğrusallık göstermeyen zaman serilerinde, tahminlerden elde edilen

hatalarla gözlemlenebilen zaman serileri arasında hem doğrusal dışı bir ilişkinin olduğu ileri sürülmekte hem de tahminlerden elde edilen hataların bağımsız, özdeş bir dağılıma (iid) uygunluk göstermelidir (Campbell vd., 1997). Doğrusal olmama durumu söz konusuysen doğrusal sınamaların tercih edilmesi spesifikasyon hatalarına yol açabilmektedir. Bundan dolayı serilerin doğrusal olup olmadığının tespit edilmesi gerekmektedir. BDS doğrusal olmama testi gölge değişken kullanarak hata terimleri üzerinden dağılımların benzeş olup olmadığını sınamaktadır. Durağanlık varsayımı geçerliysen kullanılabilen sınamanın modeli (1) numaralı denklem ile ifade edilmekteyken test istatistiği (2) numaralı denklemle hesaplanmaktadır (Brock vd., 1987: 203).

$$C_{m,n}(\epsilon) = \frac{1}{\binom{n}{2}} \sum_{1 \leq s < t \leq n} \chi_{\epsilon}(\|e_s^m - e_t^m\|) \quad (1)$$

$$V_{\epsilon} = \sqrt{n} \frac{C_{m,n}(\epsilon) - C_1(\epsilon)^m}{\sigma_m(\epsilon)} \quad (2)$$

Di Sanzo (2009) doğrusal olmama sınaması ise bootstrap tabanlı bir yaklaşıma sahip olup Markov rejim değişim özellikli spesifik bir doğrusal olmama testidir. Bu bağlamda sınama klasik LR test istatistiği yerine özel bir LR test istatistiği hesaplamakta ve bu hesaplama ile küçük örneklerde de iyi sonuçlar elde edebilmektedir. Sınama için öncelikle doğrusal model test edilerek boş hipotez altında standardize hatalar elde edilmektedir. Sonraki aşamada alternatif hipotez varsayımında Markov rejim değişim modeli tahmin edilerek LR test istatistiği (3) numaralı denklemle hesaplanmaktadır. Bu denklemde yer alan $\hat{\theta}$ Markov rejim değişim modelinin log-olabilirlik değerini ifade etmekteyken $\hat{\theta}_0$ doğrusal modelin log-olabilirlik değerini göstermektedir.

$$LR = 2[L(\hat{\theta}|\Omega_T) - L(\hat{\theta}_0|\Omega_T)] \quad (3)$$

Uygulama prosedüründe ilk olarak standardize hatalar kullanılarak bootstrap hatalar belirlenip bootstrap örneklem oluşturulur. Bootstrap örneklem için de LR^* test istatistiği hesaplanır. Sınama bootstrap temelli olduğu için bu hatalar ve örneklem bootstrap sayısınca tekrarlanarak

$$p_B = \frac{card(LR^* \geq LR)}{B}$$

şeklinde bootstrap p değeri elde edilir. (Di Sanzo, 2009:153-161).

3.2.2. Birim Kök Testleri

Kökleşmiş doğrusal birim kök testlerinden olan Genişletilmiş Dickey-Fuller sınaması yüksek mertebeden otoregresif süreçlerin olduğu durumlar için klasik Dickey ve Fuller’in (1979) testine bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri eklenerek geliştirilmiş bir yöntemdir. Phillips-Perron sınaması ise hata terimlerinin doğrudan otokorelasyonlu olduğunu varsaymakta ve ADF

sınaması ile kıyaslandığında hata terimleri açısından daha esnek işleyiş sergilemektedir (Phillips ve Perron, 1988: 338). Ancak her iki sınama da doğrusal yapıda olup doğrusal olmama durumu söz konusu olduğunda yeterli olmamaktadır. Doğrusal olmayan zaman serileri için doğrusal birim kök testlerine başvurulduğunda tahmin sonuçları durağan olmama yönünde çıkabilmekte ve yanıltıcı olabilmektedir. Yumuşak geçişli eşik değerli otoregresif model (STAR) tipi doğrusal olmayan birim kök testlerinden biri olan Leybourne-Newbold-Vougas (LNV) sınaması STAR tipi modellerden lojistik dağılım fonksiyonlu yumuşak geçişli eşik değerli otoregresif model (LSTAR) yapısına sahiptir. Genişletilmiş Dickey-Fuller test prosedürünü takip eden sınamanın trendsiz (Model A), trendli (Model B) ve lojistik formu trendle ilişkilendiren biçim (Model C) olmak üzere üç modeli bulunmaktadır (Leybourne vd., 1998: 84). Kritik değerler Leybourne vd.'nin (1998) çalışmasında yer almaktadır.

3.2.3. Markov Rejim Değişim Vektör Otoregresif (MS-VAR) Modeli

Klasik zaman serilerine dayanan modeller değişkenler arasında var olan ilişkilerin, rejimlerin (konjonktürel dalgalanmaların, krizlerin, savaşların vb.) değiştiği dönemlerde değişmeyerek aynı kaldığını varsaymaktadır. Bu varsayım dahilinde doğrusallık göstermeyen yapılara doğrusal modellerin kullanılması güvenilir olmayan yanlı sonuçların doğmasına yol açabilmektedir. Bu durumu önleyebilmek adına doğrusal olmayan modeller geliştirilmiştir. Bu modeller ortalamada ya da varyansta doğrusal olmama şeklindedir. Markov rejim değişim modelleri de bu bağlamda hem ortalamada hem de varyansta doğrusallık göstermeyen modeller olarak kabul edilmektedir (Durgun ve Temurlenk, 2021: 559).

Krolzig (1997) tarafından geliştirilen Markov Rejim Değişim Vektör Otoregresif (MS-VAR) Modeli, Hamilton'ın (1989) geliştirdiği ve tek değişkendeki durumlar için kullanılan MS-AR modelinin birden çok değişkendeki durumlar için uyarlanmış biçimidir. MS-VAR modeli, geçmişteki olaylardan bağımsız olarak işleyiş sergilemektedir. Model, içinde bulunulan andaki faaliyetlerin olasılıklarını dikkate alarak gelecekteki olasılıkları gözlemlenemeyen rassal değişkenlere göre tespit etmektedir. Markov geçiş olasılıklarına bağlı olarak işleyen sistemde rejimlerin adlandırılması model tahmininden elde edilen sabit terim ile standart hatalara bağlı olarak belirlenmektedir (Çevik vd., 2012: 140). Modelin tahmininde en çok benzerlik (maximum likelihood) yönteminden yararlanılmakta ve eş zamanlı olarak regresyon katsayıları ile geçiş

olasılıkları hesaplanmaktadır. Bu bağlamda ortalamaya göre MS-VAR modeli (4) numaralı denklemde; sabit terimli MS-VAR modeli ise (5) numaralı denklemde gösterilmektedir.

$$y_t - \mu(s_t) = A_1(s_t)[y_{t-1} - \mu(s_{t-1})] + \dots + A_p(s_t)[y_{t-p} - \mu(s_{t-p})] + u_t \quad (4)$$

$$y_t = v(s_t) + A_1(s_t)y_{t-1} + \dots + A_p(s_t)y_{t-p} + u_t \quad (5)$$

İfade edilen modeller için y_t gözlemlenen zaman serisini, $s_t \in \{1, \dots, M\}$ olmak üzere olası rejim sayısını, $A_i(s_t)$ farklı rejimlerdeki değişkenlerin gecikmeli değerlerinin katsayısını, $\mu(s_t)$ ortalamanın rejimlere bağlı olarak değişimini ve $v(s_t)$ ise rejimlere göre değişen (her bir rejimdeki) sabit terimi göstermektedir (Krolzig, 1997: 11; Krolzig, 2003: 5; Krolzig, 2006: 2). $p_{ij} = t-1$ döneminde i rejimindeyken, t döneminde j rejimine geçiş olasılığını göstermek üzere geçiş olasılıkları ile tanımlanan rejim üreten süreç (6) numaralı denklemdeki gibidir. (Hamilton, 1994: 678).

$$p_{ij} = Pr(s_{t+1} = j | s_t = i), \sum_{j=1}^M p_{ij} = 1 \quad (6)$$

Markov stokastik sürecinin M rejimli bir durum için geçiş olasılıklarının matrisi ise (7) numaralı denklemde gösterilmektedir (Krolzig, 1997: 5).

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{21} & \dots & p_{M1} \\ p_{12} & p_{22} & \dots & p_{M2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{1M} & p_{2M} & \dots & p_{MM} \end{bmatrix} \quad (7)$$

3.2.4. Nedensellik Testleri

Klasik nedensellik sınamaları, yapısal değişimleri ya da konjonktürel dalgalanmalar gibi durumları dikkate almayıp vektör otoregresif (VAR) modele ait parametrelerin incelenen periyod boyunca sabit kaldığını varsaymaktadır. Ancak rejim değişimleri karşısında bu yaklaşım doğru nedensellik sonuçları verememektedir. Bu bağlamda Warne (2000) ve Psaradakis vd. (2005) vektör otoregresif modele bağlı parametrelerin incelenen dönem süresince değişebileceğini varsayarak Markov rejim değişim modeline bağlı olan Markov rejim değişim Granger nedensellik (MS-Granger) testini geliştirmişlerdir. Testin mevcut çalışmaya uyarlanmış modeli, (8) numaralı denklemde gösterilmektedir (Droumaguet, 2016: 804; Psaradakis vd., 2005: 669; Warne, 2000: 7).

$$\begin{bmatrix} cpi_t \\ unr_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_{10} + \mu_{11}S_{1,t} \\ \mu_{20} + \mu_{21}S_{2,t} \end{bmatrix} + \sum_{k=1}^q \begin{bmatrix} \phi_{10}^{(k)} + \phi_{11}^{(k)}S_{1,t} & \lambda_1^{(k)}S_{1,t} \\ \lambda_2^{(k)}S_{2,t} & \phi_{20}^{(k)} + \phi_{21}^{(k)}S_{2,t} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} cpi_{t-k} \\ unr_{t-k} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Diks ve Panchenko'nun (2006) geliştirdiği nedensellik sınaması hem doğrusal hem de doğrusal olmayan zaman serilerine uygulanabilmekte olup Hiemstra ve Jones (1994) tarafından geliştirilmiş olan nedensellik sınamasına alternatif olarak türetilmiştir (Durgun, 2023: 61). Testin modeli, (9) numaralı denklemde gösterilmektedir (Diks ve Panchenko, 2006: 1656).

$$T_n(\varepsilon) = \frac{(n-1)}{n(n-2)} \sum_i \left(\hat{f}_{X,Y,Z}(X_i, Y_i, Z_i) \hat{f}_Y(Y_i) - \hat{f}_{X,Y}(X_i, Y_i) \hat{f}_{Y,Z}(Y_i, Z_i) \right) \quad (9)$$

4. Analiz Sonuçları

Ampirik kısımda ilk olarak serilere ait tanımlayıcı istatistiklere yer verilmiştir. Tablo 1'deki sonuçlara göre değişkenlere ait standart sapma değerleri birbirine yakındır. En yüksek işsizlik oranının %14.15 en düşük işsizlik oranının ise %8.07 olduğu dönemde doğal işsizlik oranı %10.41 civarındadır. Enflasyon oranlarında ise en yüksek değer 2023 yılının üçüncü çeyreğinde gözlenmiştir.

Tablo 1

Tanımlayıcı İstatistikler

	<i>cpi</i>	<i>unr</i>
Ortalama	1.3084	10.4145
Medyan	0.7679	10.1600
Maksimum Değer	8.4542	14.1454
Minimum Değer	0.0878	8.0713
Standart Sapma	1.5053	1.6519
Çarpıklık	2.8374	0.6513
Basıklık	11.5002	2.3243
Jarque-Bera	339.4915 (0.0000)	6.9992 (0.0302)

Durağanlık analizinden önce serilerin doğrusal olup olmadığının saptanması gerekmektedir. Tablo 2'deki BDS test sonuçlarına göre hem enflasyon hem de işsizlik için hesaplanan test istatistiği tüm boyutlarda anlamlı olduğundan her iki serinin de doğrusal olmadıkları belirlenmiştir. Markov rejim değişim spesifik doğrusallık sınaması olan Di Sanzo (2009) testine göre de hem enflasyon serisinin hem de işsizlik serisinin olasılık değeri %5'ten küçük olduğundan, verilerin doğrusal modele uygun olduğunu iddia eden sıfır hipotezi reddedilerek verilerin Markov rejim değişim modeline uygun olduğunu ileri süren alternatif hipotez kabul edilmiştir. BDS sınamasına ait test istatistikleri de dikkate alındığında serilerin doğrusal olmadığı sonucuna varılmaktadır.

Tablo 2

BDS ve Di Sanzo Doğrusal Olmama Testleri Sonuçları

Değişken	Boyut	BDS İstatistiği	Standart Hata	z-istatistiği	p Değeri	Di Sanzo p değeri
<i>cpi</i>	2	0.1294	0.0161	8.0255	0.0000	0.0325
	3	0.2049	0.0261	7.8617	0.0000	
	4	0.2431	0.0316	7.6962	0.0000	
	5	0.2617	0.0335	7.8045	0.0000	
	6	0.2811	0.0329	8.5320	0.0000	
<i>unr</i>	2	0.1505	0.0071	21.3421	0.0000	0.0000
	3	0.2408	0.0113	21.2769	0.0000	
	4	0.2899	0.0136	21.3118	0.0000	
	5	0.3132	0.0143	21.8815	0.0000	
	6	0.3164	0.0139	22.7007	0.0000	

Her ne kadar serilerin doğrusal olmadığı tespit edilmiş olsa da karşılaştırma yapmak bakımından öncelikle doğrusal birim kök testlerinin sonuçlarına bakılmıştır. Doğrusal birim kök testlerinin sonuçları Tablo 3’te yer almaktadır. Enflasyon değişkeninin seviye değerleri her üç modelde de durağanlığı işaret etmektedir. İşsizlik değişkeninin seviye değerlerinin ise birim kök barındırdığı ve durağan olmadığı görülmektedir. Her iki değişken de fark değerlerinde durağanlık sergilemektedir.

Tablo 3

ADF ve PP Birim Kök Testleri

ADF	Seviye		Birinci Fark	
Model	<i>cpi</i>	<i>unr</i>	<i>cpi</i>	<i>unr</i>
Sabitli	-3.9395***	-2.5224	-7.3243***	-5.0218***
Sabitli ve Trendli	-5.0927***	-2.5494	-4.5434***	-5.0104***
Sabitsiz ve Trendsiz	-1.7847*	-0.4926	-12.354***	-5.0546***
PP	Seviye		Birinci Fark	
Model	<i>cpi</i>	<i>unr</i>	<i>cpi</i>	<i>unr</i>
Sabitli	-3.9395***	-2.0743	-38.017***	-5.0607***
Sabitli ve Trendli	-5.0927***	-1.8922	-43.6984***	-5.0517***
Sabitsiz ve Trendsiz	-2.3724**	-0.3404	-25.1434***	-5.0931***

Not. *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Doğrusal olmayan seriler için uygulanan LNV birim kök testi sonuçları Tablo 4’te verilmiştir. Test sonuçları incelendiğinde her iki seri için de tahminlerden elde edilen test istatistiklerinin kritik değerlerden küçük olduğu görülmektedir. Bu durumda hem işsizlik hem de enflasyon değişkeninin seviyesinde durağan olduğu sonucuna varılmaktadır.

Tablo 4

LNV Testi Sonuçları

Test İstatistiği	Model A	Model B	Model C
<i>cpi</i>	-7.8055	-6.7763	-8.4212
<i>unr</i>	-2.7934	-2.4745	-3.1630

Not. Kritik değerler %10, %5 ve %1 için sırasıyla -1.6140, -1.9451 ve -2.5953'tir.

Seviyesinde durağanlık şartını sağlayan seriler arasındaki ilişkiler MS-VAR modeliyle tahmin edilmiştir. Uygun modelin seçimi sırasında hem yakınsama sorununa neden olabildiğinden hem de geçiş olasılıkları matrisinin kararsız kalmasına yol açabilmesinden dolayı değişen ortalamaya sahip modeller dışlanarak sabitte değişen modeller tercih edilmiştir. Rejim sayısını belirlemek için iki ve üç rejimli modellerle tahminler yapılmış ve model seçim kriterleri kullanılarak gecikme uzunluğu LR test istatistiği ile hesaplanmıştır. Bu bağlamda Tablo 5'te verilen MSIAH(2)-VAR(2) modelinin klasik doğrusal VAR modeline kıyasla verileri daha iyi ifade ettiği belirlenmiştir. Doğrusal VAR modelinde geçiş olasılığı bulunmadığından direkt LR sınaması ile karşılaştırma yapılamamaktadır. Bundan dolayı Davies testine ait p (olasılık) değeri dikkate alınmaktadır. Bu sınamaya ait olasılık değeri de MSIAH(2)-VAR(2) modelinin veriyi daha iyi yansıttığını desteklemektedir (Durgun ve Temurlenk, 2021: 564).

Tablo 5

Tahmin Edilen Uygun Model

	MSIAH(2)-VAR(2)	Doğrusal VAR
Log-Like.	-89.6714	-162.8326
Akaike	3.0966	4.6272
Hannan-Quinn	3.4398	4.7865
Schwarz	3.9553	5.0259
LR	Linearity test: 146.3223	$\chi^2(13)=[0.0000]$ $\chi^2(15)=[0.0000]$
Davies p		DAVIES=[0.0000]

MSIAH(2)-VAR(2) modelinin katsayıları Tablo 6'da sunulmuştur. Tablodaki değerler incelendiğinde t-1 ve t-2 döneminde işsizlikte iken t döneminde enflasyonda bulunmaya ait katsayıların ikinci rejim için anlamlı olduğu görülmektedir. Bu durum işsizliğin gecikmeli değerlerinin enflasyonun gelecek değerleri hakkında bilgi verdiğini göstermektedir. Aynı zamanda aralarında işsizlikten enflasyona olmak üzere bir nedensellik ilişkisi olabileceğini de ima etmektedir. Ancak bunun netleştirilmesi için nedensellik testine başvurmak gerekmektedir. Serilerin sabit terimleri ile standart hataları dikkate alındığında ikinci rejime ait değerlerin hem

sabit terim için hem de standart hatalar için daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar ışığında ikinci rejim ekonomik istikrarsızlığın yüksek olduğu dönem; birinci rejim ise ekonomik istikrarsızlığın düşük olduğu dönem şeklinde isimlendirilmiştir.

Tablo 6

Tahmin Edilen Uygun Modele Ait Katsayılar

Değişken	Rejim 1 (Ekonomik istikrarsızlığın düşük olduğu dönem)		Rejim 2 (Ekonomik istikrarsızlığın yüksek olduğu dönem)	
	cpi_t	unr_t	cpi_t	unr_t
	Sabit	-0.0590 (0.3036) [-0.1943]	1.1270 (0.2771) [4.0667]	5.6115 (5.1904) [1.0811]
cpi_{t-1}	0.3596 (0.0476) [7.5563]	-0.0573 (0.0400) [-1.4343]	0.4113 (0.3263) [1.2603]	-0.0963 (0.0752) [-1.2807]
cpi_{t-2}	0.2498 (0.0438) [5.6966]	0.0342 (0.0367) [0.9321]	0.8188 (0.6018) [1.3607]	-0.0579 (0.1410) [-0.4106]
unr_{t-1}	0.0054 (0.1019) [0.0527]	1.1752 (0.1105) [10.6355]	-2.1211 (0.9043) [-2.3455]	1.5360 (0.2175) [7.0627]
unr_{t-2}	0.0333 (0.1018) [0.3271]	-0.2943 (0.1045) [-2.8173]	1.7314 (0.7669) [2.2578]	-0.5998 (0.1821) [-3.2946]

Not. Parantez ve köşeli parantez içerisindeki değerler sırasıyla standart hataları ve t istatistiklerini göstermektedir.

MSIAH(2)-VAR(2) modelinin hata terimlerine ait sınamalarının bulunduğu Tablo 7’ye göre hata terimlerinde değişen varyans sorununun olmadığı ve serilerin normal dağılım sergilediği görülmektedir. %5 düzeyinde tespit edilen otokorelasyon sorunu veri yapısından kaynaklı olmaktadır. Test kesinliği en yüksek düzey olan %1 anlamlılık düzeyi baz alındığında otokorelasyon sorununun olmadığı sonucuna varılmaktadır.

Tablo 7

Tahmin Edilen Modelinin Hata Terimlerine ait Sınamalar

	Rejim 1		Rejim 2	
	cpi_t	unr_t	cpi_t	unr_t
Serilerin Standart Hatası	0.3735	0.3101	1.8074	0.4192
Normallik		χ^2 (4)	2.8356	[0.5857]
Otokorelasyon		χ^2 (24)	37.5714	[0.0383]

Değişen Varyans	χ^2 (24) 30.4587 [0.1700]
	F(24,174) 1.2256 [0.2257]
Değişen Varyans -X	χ^2 (42) 39.6887 [0.5729]
	F(42,160) 0.8670 [0.7000]

Not. Köşeli parantez içindeki değerler p (olasılık) değerlerini göstermektedir.

Tablo 8’de rejimlere göre işsizlikle enflasyon arasındaki korelasyonlar gösterilmektedir. Birinci rejimde (0.0641) değişkenler arasında zayıf ve aynı yönlü bir ilişki gözlemlenmişken ikinci rejimde (-0.9469) değişkenler arasında güçlü ve ters yönlü bir ilişki gözlemlenmiştir.

Tablo 8

Rejimlere Göre Değişkenler Arası Korelasyon

	Rejim 1		Rejim 2	
	CP	UN	CP	UN
CP	1.0000	0.0641	1.0000	-0.9469
UN	0.0641	1.0000	-0.9469	1.0000

MSIAH(2)-VAR(2) modelinin rejim geçiş olasılıkları ve rejimlerin ortalama kalıcılık süresinin bulunduğu Tablo 9’a göre serinin t döneminde birinci rejimdeyken t+1 dönemde tekrar birinci rejimde olma olasılığı %89.30, birinci rejimden ikinci rejime geçme olasılığı ise %10.64 olarak belirlenmiştir. t döneminde ikinci rejimdeyken t+1 döneminde tekrar ikinci rejimde olma olasılığı %43.57, ikinci rejimdeyken birinci rejime geçme olasılığı ise %56.43 olarak tahmin edilmiştir. Kalıcılık süreleri incelendiğinde birinci rejimin geçerli olduğu dönem 63 çeyrek iken serilerin birinci rejimde ortalama kalma süresi 9 çeyrek olarak belirlenmiştir. İkinci rejimin geçerli olduğu dönem ise 12 çeyrek olup serilerin ikinci rejimde ortalama kalma süresi yaklaşık 2 çeyrek olarak tespit edilmiştir.

Tablo 9

Geçiş Olasılıkları ve Ortalama Rejimde Kalma Süreleri

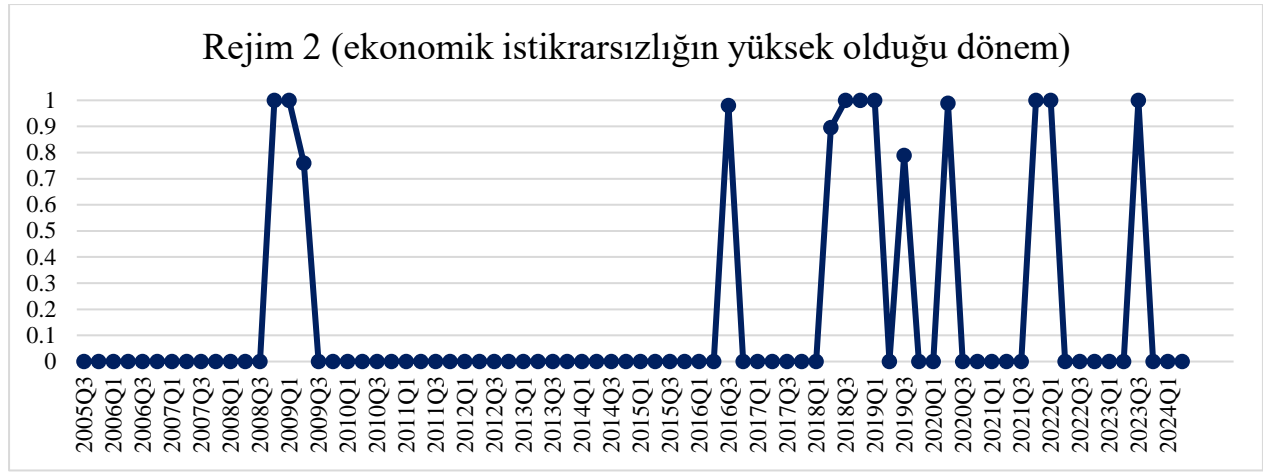
Geçiş Olasılıkları	Rejim 1	Rejim 2
Rejim 1	0.8936	0.1064
Rejim 2	0.5643	0.4357
Kalıcılık Süresi	Toplam Rejimde Kalma	Ortalama Rejimde Kalma
Rejim 1	63.6	9.40
Rejim 2	12.4	1.77

Şekil 2’de geçiş olasılıklarına göre Rejim 1 ve Rejim 2 dönemleri gösterilmektedir. Şekil 2 ile Şekil 1 birlikte incelendiğinde yüksek istikrarsızlığın ilk dönemlerde yüksek işsizlikten kaynaklı olduğu, daha sonra hem işsizlik hem de enflasyonun yüksek olmasından kaynaklandığı ve son dönemlerde ise yüksek enflasyonist eğilimden kaynaklı olduğu sonucuna varılmaktadır. Şekil 2 incelendiğinde ele alınan dönem için ikinci rejimin başladığı ilk dönem 2008 yılının sonlarına denk gelmektedir. 2008 yılının üçüncü çeyreğinde Ak Parti’nin kapatılması yönünde açılan davanın kapatılmaması şeklinde sonuçlanmış olması piyasalarda pozitif bir etki yaratmış olmasına rağmen dördüncü çeyrekte global krizin etkilerinin Türkiye’ye yansmasıyla işsizlikte artış görülmüştür. 2009 yılının üçüncü çeyreğine kadar bu rejimde devam etmiş sonrasında birinci rejime geçiş yapmıştır. Bu dönemde ekonomiyi canlandırmak amacıyla uygulamaya konulan tedbir paketleri faiz oranlarını düşürmüş ve işsizliği azaltmıştır. Özellikle krizin etkilerinin azalması, enflasyonun istikrarlı bir şekilde düşerek tek haneli rakamlara gerilemesi, piyasalardaki güven ortamının devam etmesi, 2011 yılında gerçekleşen genel seçim sonrası siyasi istikrarın korunması ve işsizlik oranlarının tek haneye düşmesi gibi durumlar ekonominin bu rejimde uzun süre kalmasında etkili olmuştur. 2016 yılının ikinci çeyreğine kadar birinci rejim devam etmiştir. 15 Temmuz 2016 tarihinde vuku bulan darbe girişimiyle borsada yaşanan etkili düşüş ve akabinde yaşanan politik belgisizlik ekonomiyi tedirgin etmiştir. İzleyen dönemde Fırat Kalkanı Harekatı’nın gerçekleşmesi ve ekonominin de daralmasıyla kısa süreliğine ikinci rejime geçiş yapan ekonomi 2017 yılının ilk çeyreğinde tekrar birinci rejime geçiş yapmıştır. 2018 yılının ikinci çeyreğine kadar bu rejimde kalmış sonrasında tekrar ikinci rejime geçiş olmuştur. Kredi derecelendirme kuruluşu Moody’s tarafınca Türkiye’nin kredi notunun düşürülmesi, genel ve Cumhurbaşkanlığı seçimlerinin gerçekleşmesi, ABD ile Çin arasında ticaret savaşının vuku bulması gibi olayların yanında daha büyük etki yaratan Rahip Brunson olayı nedeniyle çıkan gerginlik ekonomiyi etkileyerek kur şokuna neden olmuştur. Bu bağlamda enflasyonda ve faizde yaşanan artışlar ekonomik göstergelerde bozulmaya yol açmıştır. 2019 yılının ikinci çeyreğinde piyasalar tekrar birinci rejime geçiş yapmıştır. Bunda enflasyonun, faizin ve döviz kurlarının belirli ölçüde kontrolünün sağlanması, ekonomik güven endeksinde yaşanan pozitif gelişmeler ile bütçe açığındaki ılımlı toparlanma etkili olmuştur. 2019 yılının üçüncü çeyreğinden sonra rejim değişimleri arka arkaya yaşanmıştır. 2019 yılının üçüncü çeyreğinde ekonomi ikinci rejime geçmişken dördüncü çeyrekte tekrar birinci rejime geçiş yapmıştır. Rejimler arasındaki bu hızlı değişimde temmuz ayında

Merkez Bankası Başkanının değişmesi ve akabinde alınan agresif faiz kararları ile enflasyondaki istikrarlı gerileme etkili olmuştur.

11 Mart 2020 itibarıyla Covid19 vakalarının Türkiye’de de görülmesiyle 2020 yılının ikinci çeyreğinde tekrar ikinci rejime geçiş olmuşsa da bir çeyrek dönem sonra tekrar birinci rejime geçiş yapmıştır. Bu geçişte çoğu ülkeye göre kapanma politikasının daha gevşek bir şekilde uygulanması ve hükümetin pandemi kaynaklı ekonomik yükü hafifletmek amacıyla uyguladığı politikaların etkili olduğu düşünülmektedir. Ekonomi bir yıl bu rejimde kaldıktan sonra 2021 yılının üçüncü çeyreğinde tekrar ikinci rejime geçiş yapmıştır. Aşılama faaliyetlerinin artması, hem Türkiye de hem de dünyada artan taşımacılık faaliyetleri, buna bağlı olarak küresel anlamda yaşanan gıda fiyatlarındaki genel yükseliş, enerji fiyatlarındaki artış, ilk çeyrekte enflasyonist etkinin artmasıyla Merkez Bankası’nın faizi arttırması sonrasında ise politika değişikliğine gitmesi, enflasyon ve kur konusunda yaşanan sorunların etkisiyle üç çeyrek kadar bu rejimde kalmasına sebep olmuştur. 2022 yılının ikinci çeyreğinde ise tekrar birinci rejime geçiş olmuştur. Bu geçişi daha çok pandeminin ekonomik etkilerinin azalmaya başlamasıyla nispeten sağlıklı bir büyümenin yaşanmış olması etkilemiştir. 2023 yılının ikinci çeyreğinde ekonomi tekrar ikinci rejime geçmiş iki çeyrek sonra tekrar birinci rejime geçerek çalışmaya konu olan 2024 yılının ikinci çeyreğine kadar bu rejimde kalmıştır. Burada 6 Şubat tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş depreminin yanında genel seçim öncesinde (2023 yılının ilk yarısı) genişleyen ve seçim sonrasındaki altı ayında ise kademeli bir şekilde sıkılaştıran para ve maliye politikaları ile yüksek enflasyon etkili olmuştur.





Şekil 2. MSIAH(2)-VAR(2) Modelinin Düzleştirilmiş Geçiş Olasılıklarına Göre Rejim 1 ve Rejim 2 Dönemleri

MS-VAR tahmininde ima edilen nedensel bağlantının netleştirilmesi için hem rejimlere bağlı olan MS-Granger nedensellik testine hem de doğrusal olmayan verilere de tatbik edilebilen Diks-Panchenko testine başvurulmuştur. Tablo 10’a göre hem birinci rejimde hem de ikinci rejimde enflasyondan işsizliğe doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktayken ikinci rejimde %10 anlamlılık düzeyinde işsizlikten enflasyona doğru bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu sonuç, tahmin edilen modeldeki anlamlı katsayıların verdiği ön bilgi ile tutarlılık göstermektedir.

Tablo 10

MS-Granger Nedensellik Testi

Nedensellik Yönü	Rejim 1	Rejim 2	Karar
$cpi \rightarrow unr$	2.0786 [0.3537]	2.1489 [0.3415]	X
$unr \rightarrow cpi$	1.8271 [0.4011]	5.6849 [0.0583]	√

Not. Köşeli parantez içindeki değerler p (olasılık) değerlerini göstermektedir

Nedensel bağlantı aynı zamanda Diks-Panchenko yaklaşımı ile Granger nedensellik testiyle de araştırılmıştır. Tablo 11’deki sonuçlara göre %5 anlamlılık düzeyinde işsizlikten enflasyona doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Hem rejimlere bağlı nedensellik testinin verdiği sonuç hem de doğrusal olmayan nedensellik testinden elde edilen tahmin değerleri birbiriyle uyumlu görünmektedir.

Tablo 11

Diks-Panchenko Yaklaşımı ile Granger Nedensellik Testi

Nedensellik Yönü	Gecikme	t-İstatistiği	Olasılık	Karar
$cpi \rightarrow unr$	5	0.107	0.4575	X
$unr \rightarrow cpi$	5	1.832	0.0335	√

Çalışmanın bulguları arasında hem Phillips eğrisinin geçerli olduğu (Rejim 2) hem de geçerli olmadığı (Rejim 1) sonuçların olması çalışmayı önceki çalışmaların birçoğuyla benzeştirmektedir. Çalışmanın ana katkısı iki farklı sonucun hangi koşullarda geçerli olduğunu ortaya çıkarması olmuştur.

5. Sonuç

Bu çalışmada Türkiye’de 2005:Q1-2024:Q2 döneminde işsizlik ile enflasyon bağlantısının dinamikleri ele alınmıştır. Değişkenler arasındaki etkileşimlerin rejimlere bağlı olarak değerlendirilmesine olanak tanıyan MS-VAR modeli, ekonomik istikrarsızlığın yüksek ve düşük olduğu dönemlerde farklı sonuçlar sunmuştur. Ekonomik istikrarsızlıkların daha çok veri setinin ikinci yarısında yaşandığı tespit edilmiştir. Bulgular, düşük istikrarsızlık döneminde işsizlik ile enflasyon arasındaki bağlantının zayıf ve pozitif yönlü olduğunu göstermiştir. İstikrarsızlığın yüksek olduğu dönemlerde ise Phillips hipotezine uygun olarak enflasyon ile işsizlik arasında bir ödüneleşim bulunmaktadır. Negatif ve güçlü ilişki politika yapıcılara özellikle seçim dönemleri öncesinde faydalı bir bilgi sunmaktadır.

İşsizliğin enflasyona neden olması ancak enflasyondan işsizliğe bir nedenselliğin bulunmaması bulgusu karar alıcılar için kullanılabilir bir araç sağlamaktadır. Bu bağlamda ekonomi istikrarsız durumdayken toplam talebi kısım enflasyonu kontrol altına almada düşük istihdam kullanılabilir. Sıkılaştırıcı politikaların düşük gelirliler üzerindeki olumsuz etkilerini kontrol altına almak için de sosyal koruma politikalarıyla desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca kamu harcamalarında etkinliğin sağlanması ve tasarruf tedbirlerinin azami düzeyde uygulanmasıyla yaratılan kaynaklar dezavantajlı kesimin durumunu iyileştirmeye yöneltmelidir. Ancak gelir dağılımını düzenleyici girişimler yapısal açıdan uzun dönemde daha etkili olmaktadır.

Çalışmada özellikle son yıllarda ekonominin sıkça istikrarsız döneme geçiş yapması daha çok ekonomi yönetiminin politika değişikliğine gitmesi ve öngörülebilirliğin azalmasından

kaynaklanmaktadır. Ekonomiyle ilgili kurumların bağımsızlığının tartışmalı olması piyasa aktörlerinin ekonomi yönetiminin aldığı kararları içselleştirmesini engelleyebilmektedir. Bu durum uygulanan politikaların beklenen olumlu sonucunu geciktirmektedir. Özellikle merkez bankasının güvenilirliğinin arttırılması istihdamda daha az kayıp yaşayarak düşük enflasyon hedefinin tutturulmasını sağlayacaktır.

Hem iç hem de dış etkenlerden kaynaklı istikrarsızlıkların etkilerini azaltmak için öncelikle ekonominin şoklara karşı dirençli durmasını sağlayacak şekilde güçlendirilmesi gerekmektedir. Türkiye’de döviz kurundaki dalgalanmaların fiyat geçişkenliğinin yüksek olması nedeniyle yerli paranın değerini düşürebilecek politika ve girişimlerden uzak durulmalıdır. Bu anlamda faiz politikasındaki kararların ani sermaye çıkışlarına sebep olabilecek etkilerini minimize etmek için mali kural dahilinde uygulanması önem arz etmektedir. Döviz kurundaki hareketlerin yanında enerji piyasalarında yaşanan şoklar da enerjide ithal bağımlılığı yüksek olan Türkiye için enflasyonu tırmandırıcı etki yaratabilmektedir. Bu riskten korunmak için yerli ve temiz enerji kaynaklarına yatırımların arttırılması gerekmektedir. Üretim maliyetlerinin düşürülmesi için sübvansiyon veya teşvikler fayda sağlayabilmektedir. Özellikle küçük ve orta büyüklükteki işletmelere sağlanacak istihdam destekleri dezenflasyonist sürecin işsizlik sonucunu belli bir oranda hafifletebilecektir. Hammadde başta olmak üzere arz güvenliğini sağlamak da istikrarın tesisinde etkili olmaktadır. Bunun yanında fiyat ve ücret kontrolleri de kısa dönemli olarak başvurulabilecek araçlardır.

Toplam talebi yükseltebilecek düzensiz göç hareketlerinin kontrol altına alınması hem işsizliği hem de enflasyondaki yukarı yönlü eğilimi dizginleyebilecektir. Yüksek işsizliğin hem ekonomik hem de toplumsal açıdan olumsuz sonuçlarını kontrol altına almak için iş kayıpları azaltılmalıdır. Ayrıca yeni iş yaratımının yanında çağın ve dönüşen işgücü piyasasının ihtiyaçlarına cevap verebilecek yetenek kazandırma programları da aktif bir şekilde uygulanmalıdır. Kapsayıcı hayat boyu öğrenme programları, işbaşında eğitimler ve yaygın staj olanakları ülkenin yetenek havuzunu genişletip nitelikli istihdama katkıda bulunabilecektir.

Özellikle son iki genel seçim öncesinde uygulanan ve hem kamu maliyesi hem de para piyasası üzerinde derin olumsuz etkiler bırakan seçim ekonomisinin ilgili kurumlar güçlendirilerek sınırlandırılması gerekmektedir. Mali disiplinin sağlanmasıyla yurt içi kaynaklı makro ekonomik istikrarsızlıkların yaşanması ihtimali azaltılabilecektir.

Türkiye’de Phillips eğrisinin geçerliliğini farklı rejimlerde test ederek ilgili literatüre katkı yapan bu çalışmanın mevcut kısıtlarının gelecek çalışmalardaki farklı bakış açılarıyla giderilmesi beklenmektedir. Öncelikle devam eden yüksek enflasyonist sürecin, yaklaşan genel seçimlerin, artan jeopolitik risklerin ve yapay zeka devriminin dönüştürebileceği işgücü piyasasının muhtemel etkilerinin dahil edilebilmesi için çalışma gelecekte tekrarlanabilir. Çeyreklik veriler yerine aylık veya yıllık frekanslı veriler kullanılarak ilişkiler yeniden değerlendirilebilir. Dahası Türkiye ile benzer profildeki ülkeler başta olmak üzere farklı ülkelerin de analiz edilmesi karşılaştırma yapma olanağı sunacaktır. Metodolojik açıdan ilişkilerin daha fazla rejimde incelenmesi ve istikrarsızlık yaratan başka değişkenlerin modele eklenmesi ise konunun daha geniş perspektifte değerlendirilmesini sağlayacaktır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Etik komite onayı ve/veya yasal/özel izin gerektirmeyen bu çalışma, araştırma ve yayın etiğine uygundur.

Araştırmacının Katkı Oranı Beyanı

Yazar makalenin tek yazarı olduğu için katkı oranı %100’dür.

Araştırmacının Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması yoktur.

Kaynakça

- Aktan, C. C., & Güdenoğlu, E. (2023). Seçim ekonomisi ve politik konjunktur hareketleri teorisi. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 15(1), 36–64. <https://doi.org/10.55978/sobiadsbd.1235882>
- Alesina, A., Cohen, G. D., & Roubini, N. (1993). Electoral business cycle in industrial democracies. *European Journal of Political Economy*, 9(1), 1–23. [https://doi.org/10.1016/0176-2680\(93\)90027-R](https://doi.org/10.1016/0176-2680(93)90027-R)
- Brock, W. A., Dechert, W. D., & Scheinkman, J. A. (1987). *A test for independence based on the correlation dimension*. Department of Economics, University of Wisconsin at Madison; University of Houston; University of Chicago.
- Buthelezi, E. M. (2023). Impact of inflation in different states of unemployment: Evidence with the Phillips curve in South Africa from 2008 to 2022. *Economies*, 11(1), Article 29. <https://doi.org/10.3390/economies11010029>
- Bükey, A. M., & Kalkan, M. (2024). Unemployment-inflation relationship in Germany. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 27(1), 106–118. <https://doi.org/10.29249/selcuksbmyd.1408903>
- Calmfors, L., & Holmlund, B. (2000). Unemployment and economic growth: A partial survey. *Swedish Economic Policy Review*, 7(1), 107–154.
- Demers, F. (2003). *The Canadian Phillips curve and regime shifting* (Working Paper No. 2003-32). Bank of Canada.
- Demez, S., & Polat, İ. H. (2021). The relationship between inflation, unemployment and growth: The case of EAGLEs countries. *Uluslararası Afro-Avrasya Araştırmaları Dergisi*, 6(12), 71–90.
- Dereli, D. D. (2019). The relationship between inflation and unemployment in Turkey: An ARDL bounds testing approach. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 246–257.
- Di Sanzo, S. (2009). Testing for linearity in Markov switching models: A bootstrap approach. *Statistical Methods and Applications*, 18(2), 153–168. <https://doi.org/10.1007/s10260-007-0080-6>
- DiNardo, J., & Moore, M. P. (1999). *The Phillips curve is back? Using panel data to analyze the relationship between unemployment and inflation in an open economy* (NBER Working Paper No. 7328). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w7328>
- Dritsaki, C., & Dritsaki, M. (2013). Phillips curve inflation and unemployment: An empirical research for Greece. *International Journal of Computational Economics and Econometrics*, 3(1–2), 27–42.

- Droumaguet, M., Warne, A., & Woźniak, T. (2016). Granger causality and regime inference in Markov switching VAR models with Bayesian methods. *Journal of Applied Econometrics*, 32(4), 802–818. <https://doi.org/10.1002/jae.2531>
- Durgun, F. (2023). *Uygulamalı doğrusal olmayan zaman serileri analizi* (1st ed.). Özgür Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub118>
- Durgun, F., & Temurlenk, M. (2021). Türkiye’de döviz ve hisse senedi getirileri arasındaki ilişki: MS-VAR yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(2), 551–576. <https://doi.org/10.16951/atauniibd.789496>
- El-Shagi, M., & Tochkov, K. (2024). Regional heterogeneity and the provincial Phillips curve in China. *Economic Analysis and Policy*, 81, 1036–1044. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2024.01.016>
- Furuoka, F. (2007). Does the “Phillips curve” really exist? New empirical evidence from Malaysia. *Economics Bulletin*, 5(16), 1–14. <http://economicsbulletin.vanderbilt.edu/2007/volume5/EB-07E20006A.pdf>
- Hamilton, J. D. (1989). A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle. *Econometrica*, 57(2), 357–384. <https://doi.org/10.2307/1912559>
- Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis*. Princeton University Press.
- Ho, S.-Y., & Iyke, B. N. (2019). Unemployment and inflation: Evidence of a nonlinear Phillips curve in the Eurozone. *The Journal of Developing Areas*, 53(4), 151–164. <https://www.jstor.org/stable/26598330>
- İlhan, A. (2024). Exploring inflation dynamics with the Phillips curve in Türkiye: Evidence from the Markov regime switching model. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 25(2), 285–296. <https://doi.org/10.37880/cumuiibf.1427745>
- Kırca, M., & Canbay, Ş. (2020). Kırılgan beşli ülkeler için Phillips eğrisi analizi. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 5(12), 130–140. <https://doi.org/10.25204/iktisad.717391>
- Korkmaz, S., & Abdullazade, M. (2020). The causal relationship between unemployment and inflation in G6 countries. *Advances in Economics and Business*, 8(5), 303–309. <https://doi.org/10.13189/aeb.2020.080505>
- Krolzig, H. M. (1997). *Markov switching vector autoregressions: Modelling, statistical inference and application to business cycle analysis*. Springer.
- Krolzig, H. M. (2003). *Constructing turning point chronologies with Markov-switching vector autoregressive models: The Euro-Zone business cycle*. Department of Economics and Nuffield College, University of Oxford.
- Krolzig, H. M. (2006). *Impulse-response analysis in Markov switching vector autoregressive models*. Economics Department, University of Kent.

- Kuştepelı, Y. (2005). A comprehensive short-run analysis of a (possible) Turkish Phillips curve. *Applied Economics*, 37(5), 581–591. <https://doi.org/10.1080/000368404200030749>
- Leybourne, S., Newbold, P., & Vougas, D. (1998). Unit roots and smooth transitions. *Journal of Time Series Analysis*, 19(1), 83–97. <https://doi.org/10.1111/1467-9892.00078>
- Linn, M. W., Sandifer, R., & Stein, S. (1985). Effects of unemployment on mental and physical health. *American Journal of Public Health*, 75(5), 502–506. <https://doi.org/10.2105/AJPH.75.5.502>
- Makarınge, S. C., & Khobai, H. (2018). *The effect of unemployment on economic growth in South Africa (1994–2016)*. <https://mpr.a.ub.uni-muenchen.de/85305/>
- Mutascu, M. (2019). Phillips curve in US: New insights in time and frequency. *Research in Economics*, 73(1), 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.rie.2019.01.007>
- Nobrega, W. C. L., da Nóbrega Besarria, C., & de Oliveira, F. A. (2020). Unemployment rate and wage growth in Brazil: Evidence from a Markov-switching model. *Economia Aplicada*, 24(2), 171–194. <https://doi.org/10.11606/1980-5330/ea151926>
- Nordhaus, W. D. (1975). The political business cycle. *The Review of Economic Studies*, 42(2), 169–190. <https://doi.org/10.2307/2296528>
- Önder, A. Ö. (2009). The stability of the Turkish Phillips curve and alternative regime shifting models. *Applied Economics*, 41(20), 2597–2604. <https://doi.org/10.1080/00036840701222645>
- Özer, M. O. (2020). Türkiye’de enflasyon ve işsizlik oranları arasındaki uzun dönemli ilişkinin analizi: Phillips eğrisine Fourier yaklaşımı. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (39), 179–192. <https://doi.org/10.30794/pausbed.560093>
- Phillips, A. W. (1958). The relation between unemployment and the rate of change of money wage rates in the United Kingdom, 1861–1957. *Economica*, 25(100), 283–299. <https://www.jstor.org/stable/2550759>
- Popescu, C. C., & Diaconu, L. (2022). Inflation–unemployment dilemma: A cross-country analysis. *Scientific Annals of Economics and Business*, 69(3), 377–392. <https://doi.org/10.47743/saeb-2022-0012>
- Psaradakis, Z., Ravn, M., & Sola, M. (2005). Markov switching causality and money-output relationship. *Journal of Policy Modeling*, 20(5), 665–683.
- Samuelson, P. A., & Solow, R. M. (1960). Analytical aspects of anti-inflation policy. *The American Economic Review*, 50(2), 177–194. <https://www.jstor.org/stable/1815021>
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2008). *Phillips curve inflation forecasts* (NBER Working Paper No. 14322). National Bureau of Economic Research. <https://ssrn.com/abstract=1267553>

-
- Şahin, B. E. (2019). Türkiye’de enflasyon ve işsizlik arasındaki ilişkinin vektör hata düzeltme modeli ile analizi. *Mali Çözüm Dergisi*, 29(155), 63–75. <https://hdl.handle.net/11413/8109>
- Tabar, Ç., & Kırışkan Çetin, I. (2016). Türkiye ekonomisi özelinde Phillips eğrisi analizi. *Journal of Life Economics*, 3(4), 79–100. <https://doi.org/10.15637/jecon.161>
- Vredin, A., & Warne, A. (2000). *Unemployment and inflation regimes* (Sveriges Riksbank Working Paper Series No. 107). Sveriges Riksbank. <https://hdl.handle.net/10419/82471>
- Warne, A. (2000). *Causality and regime inference in a Markov switching VAR* (Sveriges Riksbank Working Paper Series No. 118). Sveriges Riksbank. <https://hdl.handle.net/10419/82444>
- Yıldırım, S., & Sarı, S. (2021). Türkiye ekonomisinde Phillips eğrisinin geçerliliğinin analizi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 10(3), 2206–2226. <https://doi.org/10.15869/itobiad.874917>

EXTENDED ABSTRACT

Phillips (1958) demonstrated an inverse relationship between unemployment and wage growth. Samuelson and Solow (1960) transformed this relationship into one between inflation and unemployment, showing that inflation rises when unemployment is low and falls when unemployment is high. The Phillips curve indicates that contractionary monetary and fiscal policies aimed at controlling inflation may lead to higher unemployment rates. This presents policymakers with a trade-off, offering them the choice to prioritize either low inflation or low unemployment. In the absence of strong inflationary pressures, it provides room for policies to stimulate economic activity and reduce unemployment. However, when inflationary pressures intensify, debates surrounding this trade-off become more pronounced, as reducing inflation may require economic slowdowns and significant increases in unemployment.

This study, which examines the validity of the Phillips curve in the context of Türkiye, has been written with the aim of contributing to the ongoing debates. Most of the previous studies addressing this topic have employed methods that yield a single result for the analyzed period. However, analyses that investigate the effects of policy changes during specific periods can provide valuable insights for evaluating the outcomes of implemented policies. In this study, the MS-VAR model, which tests the relationship between unemployment and inflation across different regimes, has been utilized. In studies specific to Türkiye, the MS-AR method, which focuses on regime shifts based on changes in a single variable, has been predominantly used, and there is a lack of research that determines regime shifts based on changes in both variables. Additionally, Türkiye's high inflation and unemployment rates in recent years, along with the volatility of these rates, have served as a key motivation for shaping this study. Another difference in this study is that it also analyzes the causality relations between unemployment and inflation depending on the regimes.

In the literature, the relationship between inflation and unemployment is discussed through the theoretical framework proposed by A.W. Phillips in 1958. Studies analyzing this relationship in the literature present contradictory results for different countries and periods. In international studies, DiNardo and Moore (1999) confirm a common Phillips curve across 9 OECD countries, while Furuoka (2007) finds a long-run relationship between inflation and unemployment in Malaysia. Dritsaki and Dritsaki (2013) find no short-run relationship in Greece, but causality in the long run. Ho and Iyke (2019) argue that the relationship between inflation and unemployment

changes depending on unemployment thresholds in the Eurozone. In studies analyzing Türkiye, Kuştepe (2005) and Tabar and Çetin (2016) find that the Phillips curve is not valid, while Şahin (2019) and Dereli (2019) find a long-term relationship. Studies using Markov regime switching models have revealed that the relationship between inflation and unemployment varies in different regimes. Önder (2009) argues that the Phillips curve is valid in the low inflation regime in Türkiye, while it becomes invalid in the high inflation regime. Buthelezi (2023) finds that the Phillips curve is valid in the high unemployment regime in South Africa, while İlhan (2024) finds that it is not valid in both regimes in Türkiye. To summarize, the relationship between inflation and unemployment varies depending on the country, period and methodology analyzed. This study aims to contribute to the literature by examining the validity of the Phillips curve when both indicators are high in Türkiye.

The relationship between unemployment and inflation in Türkiye has been analyzed using Turkish Statistical Institute (TÜİK) data covering the period from 2005:Q1 to 2024:Q2. To mitigate the impact of outliers in monthly data, quarterly average data were preferred, and seasonality was adjusted using the TRAMO/SEATS method. For the unemployment (*unr*) and inflation (*cpi*) variables, nonlinearity was first examined using the BDS and Di Sanzo (2009) tests, while stationarity was assessed using the ADF, PP, and LNV tests. The MS-VAR model was employed to determine the relationship between unemployment and inflation, followed by an investigation of causal linkages using the Dicks-Panchenko and MS-Granger causality tests.

Nonlinearity tests have revealed that the variables are nonlinear. Traditional unit root tests indicate that the *cpi* variable is stationary at its level, while the *unr* variable is stationary at its first difference. According to the LNV test, both variables are stationary at their levels. The most suitable model for the MS-VAR analysis has been estimated as MSIAH(2)-VAR(2). In the two-regime model, the first regime represents periods of low economic instability, while the second regime represents periods of high economic instability. In the first regime, a low and positive correlation is observed, whereas in the second regime, a strong and negative correlation is found. The economy remained in the first regime for approximately 64 quarters and in the second regime for 12 quarters. In the causality analysis, the Diks-Panchenko approach implied unidirectional causality from unemployment to inflation, while the MS-Granger approach implied unidirectional causality from unemployment to inflation only in the second regime.

High instability initially stemmed from high unemployment, later from both high unemployment and inflation, and in recent periods, it has been driven by high inflation. In 2008, unemployment increased due to the global crisis, leading to a transition to the second regime. In 2009, implemented measures lowered interest rates, reduced unemployment, and returned the economy to the first regime. Political stability and declining inflation in 2011 allowed this regime to persist for an extended period. The coup attempt and political uncertainty in 2016 caused a brief shift to the second regime. In 2018, the downgrade of the credit rating, trade wars, and the Pastor Brunson crisis led to a currency shock and rising inflation. By 2019, inflation and interest rates were brought under control, returning the economy to the first regime. In 2020, the impact of Covid-19 prompted a shift to the second regime, but loose lockdown policies enabled a quick return to the first regime. In 2021, global inflation and rising energy prices caused another transition to the second regime. By 2022, as the effects of the pandemic subsided, the economy reverted to the first regime. In 2023, the earthquake and expansionary policies ahead of the elections led to another shift to the second regime. The economy remained in the first regime until 2024.

The fact that unemployment causes inflation but there is no causality from inflation to unemployment provides an important tool for policymakers. During periods of economic instability, low employment can be used to contain inflation by cutting aggregate demand. However, social protection measures and efficiency in public expenditures should be ensured to mitigate the adverse effects of tightening policies on low-income earners. The economic instability in Türkiye in recent years is due to policy changes and reduced predictability. The independence of institutions and the credibility of the central bank are critical to achieving inflation targets. To make the economy resilient to shocks, policies to minimize exchange rate fluctuations and investments in domestic energy resources should be increased. Moreover, support for small and medium-sized enterprises and employment programs can be effective in reducing unemployment. Controlling irregular migration movements can curb both unemployment and inflation. Training and internship programs should be expanded to increase skilled employment. Fiscal indiscipline during election periods should be limited by strengthening institutions. This study contributes to the literature by examining the validity of the Phillips curve in Türkiye in different regimes. In future studies, it is suggested to include factors such as ongoing high inflation, upcoming general elections, geopolitical risks and the effects of artificial intelligence on the labor market.



Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 395-433, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Review Article / Derleme Makalesi

Received / Alınma: 19.03.2024 Accepted / Kabul: 30.11.2024

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1455518>

İşletme Disiplininde Endüstri 4.0: Türkiye’de Hazırlanmış Lisansüstü Tez Çalışmaları Üzerine Bir Derleme*

Cumali KILIÇ^a

^aDr. Öğr. Üyesi, Mardin Artuklu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Mardin, TÜRKİYE

<https://orcid.org/0000-0003-1564-1938>

Öz

Endüstri 4.0 dönüşümünü anlamak ve bu alandaki bilgi birikimine katkıda bulunmak amacıyla Türkiye’deki lisansüstü tezlerin derlenmesi bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Çalışmada, Türkiye Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi’nde bulunan işletme alanındaki Endüstri 4.0 konulu lisansüstü tezlerin temel bilgileri, metodolojik yaklaşımları ve öne çıkan özelliklerinin detaylı bir analizi ortaya koyulmuştur. Bu bibliyografik derleme, akademik çevrelerde Endüstri 4.0’ın işletme disiplinindeki evrimini anlamak isteyen araştırmacılara kapsamlı bir rehberlik sunmakta ve Endüstri 4.0’ın işletme alanındaki tez çalışmalarındaki genel eğilimleri daha derinlemesine anlamak adına önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Ayrıca, Endüstri 4.0’ın işletme stratejileri, operasyonel süreçler ve yönetim yaklaşımları üzerindeki etkilerini belirleyerek, gelecekteki çalışmalara yön verecek kritik çıkarımlarda bulunmayı hedeflemekte ve benzer konulardaki çalışmaların kapsamlı bir analizini sunarak bu alandaki mevcut bilgi birikimini sistemli bir şekilde sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler
Teknolojik Dönüşüm,
Endüstri 4.0, İşletme,
Sistemik Derleme,
Lisansüstü Tezler

JEL Kodu
M10, O32, O33

* Bu çalışma, II. Uluslararası Sosyal, Siyasal ve Mali Araştırmalar Kongresi (USSMAK)’nde sunulan aynı adlı bildirden genişletilerek türetilmiştir.

İletişim Cumali KILIÇ ✉ cumalikilic@artuklu.edu.tr Mardin Artuklu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Mardin, TÜRKİYE

Atıf Kılıç, C. (2025). İşletme disiplininde endüstri 4.0: Türkiye’de hazırlanmış lisansüstü tez çalışmaları üzerine bir derleme. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 395-433.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Industry 4.0 in Business Administration: A Review of Postgraduate Theses Prepared in Turkey

Abstract

In order to understand the Industry 4.0 transformation and contribute to the body of knowledge in this field, a bibliographic review of graduate theses in Turkey forms the basis of this study. This study presents a detailed analysis of the basic information, methodological approaches, and prominent features of Industry 4.0-focused graduate theses in the field of business administration in the National Thesis Center of the Turkish Council of Higher Education (YÖK). This bibliographic review provides comprehensive guidance to researchers who want to understand the evolution of Industry 4.0 in the business discipline and constitutes an important resource for a deeper understanding of the general trends in thesis studies related to Industry 4.0 in the field of business administration. It also aims to identify the impacts of Industry 4.0 on business strategies, operational processes, and management approaches, and to draw critical conclusions that will guide future studies. Furthermore, it aims to systematically present the current knowledge in this field by providing a comprehensive analysis of studies on similar topics.

Keywords

Technological Transformation, Industry 4.0, Business Administration, Systematic Review, Postgraduate Thesis

JEL Classification

M10, O32, O33

1. Giriş

Endüstriyel dönüşümler, insanlık tarihindeki en önemli dönüm noktalarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu dönüşümler, teknolojik gelişmelerin iş ve yaşam tarzlarını kökten değiştirmesiyle birlikte insanları ve örgütleri hemen her alanda etkilemektedir. İlk endüstriyel devrimden günümüze dek yaşanan devrimler, üretim süreçlerindeki dönüşümü ve iş modellerindeki değişimi de beraberinde getirmiştir. Bu nedenle, örgütleri bu devrimleri ve teknolojik gelişmeleri yakından takip ederek kendilerini sürekli olarak güncellemeleri gerekmektedir. Ancak bu şekilde rekabetçi bir ortamda başarılı olmak ve sürdürülebilir bir büyüme sağlamak mümkün olacaktır. Bunun yanında, teknolojik gelişmeler ve endüstriyel devrimler, örgütler için hem fırsatlar hem de zorluklar sunmaktadır. Özellikle dijitalleşme ve otomasyon gibi konular, örgütlerin operasyonel verimliliğini artırırken aynı zamanda yeni pazar ve müşterileri keşfetmelerine olanak sağlamaktadır. Ancak bu süreçte rekabetin artması ve hızla değişen tüketici talepleri, örgütlerin esneklik, hız ve yenilikçilik konularında kendilerini sürekli olarak güncellemelerini gerektirmektedir. Bu bağlamda, örgütlerin teknolojiyi stratejik bir şekilde kullanarak rekabet avantajı elde etmeleri ve pazarda lider konumlarını korumaları oldukça önemlidir.

Endüstriyel devrimler tarihinde, öncü olan ve teknolojik dönüşümleri erkenden yakalayan toplumlar, genellikle refah seviyelerini en çok artıran toplumlar olmuştur. Bu toplumlar, yeni teknolojileri hızla benimseyerek üretim süreçlerini verimli hale getirme, iş gücünü eğitime ve yeni

pazarlara erişim konusunda avantaj elde etmiştir. Endüstri 4.0 dönemi ve sonrasında da bu dönüşümü yakından takip ederek öncü toplumlar arasında olmak, ekonomik büyüme, istihdam artışı ve inovasyon alanlarında liderlik rolü oynamak açısından hayati bir önem taşımaktadır. Bu toplumlar, dijitalleşme, yapay zekâ, nesnelerin interneti gibi alanlarda yatırımlar yaparak rekabet avantajı elde edebilirler ve bu sayede küresel ekonomide daha güçlü bir konuma sahip olabilirler. Ayrıca, bu dönüşümü sürdürülebilirlik ve sosyal sorumluluk ilkeleriyle harmanlayarak hem ekonomik hem de toplumsal açıdan dengeli bir gelişme sağlamak önemlidir. Bu şekilde, öncü toplumlar hem kendi refah seviyelerini artırabilir hem de küresel düzeyde sürdürülebilir bir kalkınma modeli sunabilirler. Bu açıdan örgütlerin endüstriyel dönüşümlere uyum sağlaması, sadece teknolojik açıdan değil aynı zamanda örgütsel ve kültürel açıdan da bir değişimi gerektirmektedir. İnovasyon kültürünün yaygınlaşması, ekip çalışmasının ve esnek yapıların desteklenmesi, yönetimde dijitalleşme ve veri odaklı karar alma süreçlerinin benimsenmesi gibi faktörler, örgütlerin başarılı bir şekilde dönüşümü yönetmelerine yardımcı olur. Ayrıca, örgütlerin sürdürülebilirlik ve toplumsal sorumluluk gibi konulara da odaklanarak geleceğe yönelik sağlam bir temel oluşturmaları önemlidir.

Geleceğe yönelik oluşturulması beklenen bu sağlam temelde ise bilimsel çalışmalar büyük yer tutmaktadır. Çünkü bilimsel çalışmalar, endüstriyel dönüşümlerin ve teknolojik gelişmelerin toplumların gelişimine katkı sağlaması açısından büyük önem taşır. Böylelikle, yeni teknolojilerin keşfedilmesi, mevcut sistemlerin iyileştirilmesi, iş süreçlerinin optimize edilmesi ve sosyal etkilerin değerlendirilmesi gibi alanlarda bilgi ve veri sağlanmaktadır. İlk endüstriyel devrimden bu yana yapılan çalışmalarla; örgütlerin verimliliğini artırılmakta, ekonomik büyümeye katkı sağlanmakta, yeni istihdam olanakları yaratılmakta ve toplumların refahı yükseltilmektedir. Ayrıca, bu çalışmaların sonuçları, politika yapıcıların ve karar vericilerin doğru stratejiler belirlemesine yardımcı olurken, toplumların daha sürdürülebilir ve adil bir kalkınma sürecine girmesine de olanak tanımaktadır. Bu nedenle, bilimsel araştırmaların teşvik edilmesi, finanse edilmesi ve sonuçlarının uygulanması, toplumların sürdürülebilir bir şekilde gelişmesine büyük katkı sağlayacaktır.

Bilimsel çalışmaların bir ayağını da üniversiteler bünyesinde hazırlanan lisansüstü tezler oluşturmaktadır. Bilimsel çalışmaların merkezini oluşturan ve bir anlamda bilgiye yön veren üniversitelerin akademik çıktılarının ele alınması ve değerlendirilmesi oldukça önemli bir konudur. Bu açıdan lisansüstü tezler, üniversitelerin somut çıktılarının en başında gelmekte ve bilimsel

çalışmaların yaşadığı dönüşümün yakından gözlemlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu yönüyle lisansüstü programların çıktıları tüm yönleriyle ele alınarak yakından irdelenmelidir. Bu bağlamda çalışmada, Türkiye Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi veri tabanında yer alan lisansüstü çalışmalar incelenmiştir. Çalışma, Endüstri 4.0 konusunda ortaya koyulmuş yüksek lisans ve doktora tezlerini tez türlerine göre, üniversitelere göre, üniversite türlerine göre, yayın dillerine göre, anabilim dallarına göre ve kullanılan yöntem türüne göre dağılımını ele almaya yönelik bir bibliyometrik analiz çalışmasıdır.

Çalışma toplamda altı bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde çalışma hakkında genel bir bilgilendirme yapmak adına giriş kısmı yer almakta ve ardından araştırmanın teorik ve kavramsal temellerinin yer aldığı ikinci bölüm gelmektedir. Bu kapsamda ikinci bölümde “Endüstriyel Dönüşümler ve Endüstri 4.0” hakkında bir bilgilendirme yapılmıştır. Araştırmanın üçüncü bölümünde literatürde konu özelinde ortaya koyulan çalışmalar, araştırmada kullanılan yöntemin tercih edildiği çalışmalar ve lisansüstü tezleri ele alan çalışmaların kapsamlı bir değerlendirmesi yapılmış, dördüncü bölümde ise araştırma metodolojisi hakkında bilgilendirilme yapılmıştır. Ardından, araştırma sonucunda elde edilen bulguların yer aldığı beşinci bölüm gelmektedir. Çalışmanın son kısmında ise araştırma kapsamında elde edilen bulguların değerlendirilmesi, araştırmanın sınırlılıkları ve geleceğe dönük önerilere yer verilerek çalışma sonlandırılmıştır.

2. Endüstriyel Dönüşümler ve Endüstri 4.0

İlk endüstriyel dönüşüm ile başlayan süreç, geçtiğimiz yüzyıllara bakıldığında özellikle Sanayi Devriminden sonra bütün dünyada etkisini göstermiş, insanın hem doğayla hem de diğer insanlarla ilişkisini benzersiz bir şekilde etkilemiştir. Bu değişim ve etkileşim süreci endüstriyel faaliyetlere de yansımış, belirli bazı etkenler endüstriyel alanda günümüze kadar kendi içerisinde farklılaşan birçok (d)evrim yaşanmasına neden olmuştur (Aksoy, 2017: 34). Sanayi devriminden bugüne birçok endüstriyel devrim yaşanmıştır ve bu endüstri devrimlerini daha iyi anlamak ve birbirleri arasındaki ilişkiyi doğru yorumlayabilmek için devrimlerin gerçekleştiği tarihleri, bu tarihlerde dünyada yaşanmakta olan gelişmeleri ve dünyanın genel durumunu, teknolojik alanda yaşanan değişimleri ve sonuçlarını ayrıntılı olarak incelemek faydalı olacaktır. Bu bağlamda, çalışmanın bu bölümünde endüstriyel dönüşümler ile ilgili kronolojik olarak bir açıklama ve değerlendirme yapılacak, günümüze kadar süregelen dönemde yaşanan değişimler aktarılmaya

çalışılacak ve özellikle son dönemde daha fazla gündeme gelmeye başlayan “Endüstri 4.0” kavramı açıklanacaktır.

18. yüzyılın ortalarında İngiltere öncülüğünde başlayan ilk sanayi devrimi, önce Avrupa’da daha sonra zamanla dünya genelinde etkilerini yavaş yavaş oluşturmuş bir küresel büyüme akımı olarak değerlendirilebilir (Becue vd., 2021: 3852; Kamber & Bolatan, 2019: 837). “Endüstri 1.0” olarak da adlandırılan bu ilk sanayi devrimi (Industrial Revolution) ile hayvan ve insan gücüne dayalı üretim anlayışından buhar ve makine gücünün hâkim olduğu bir anlayışa geçilmiştir (Soylu, 2018: 44). Bu devrim ile, buhar ve makine gücüne dayalı üretim anlayışına geçilmiş ve bu duruma bağlı olarak üretim sistemleri değişmiştir (Küçükkalay, 1997: 52). Buhar gücüyle çalışan makinelerin üretimi ve kitlesel (yığın) üretim yapabilecek teknolojilerin ortaya çıkması bu sürecin en önemli belirleyicileri arasındadır (EBSO, 2015: 4). Bu dönemle beraber insanlık, her geçen gün gelişmekte olan bir makineleşmeye yönelirken savaşların azalması ile toplam nüfus da giderek artış göstermiş, birbiriyle bağlantılı olan bu iki gelişme “mekanize kitleler çağı” diye adlandırabilecek bir dönemin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Wen vd., 2023: 3; Suleiman vd., 2022; Zhang vd., 2021: 2; Gülenç & Arıtürk, 2014: 114-115).

Yeni üretim teknolojileri ile daha fazla ürün elde edilmiş ve ilk endüstriyel devrim tedarik, üretim ve tüketim alanlarında büyük değişikliklere yol açmıştır (Görçün, 2016: 34). Ancak, teknolojinin ilerlemesiyle ham madde ve enerji kaynaklarında ortaya çıkan yeni gelişmeler üretim temelli bu toplum yapısında değişiklikler oluşturmaya başlamıştır. Çelik, elektrik, petrol ve kimyasal maddelerin kullanımının teknolojiye yön verdiği 1870’li yılları milat olarak kabul eden bu gelişmeler, bir bütün halinde İkinci Endüstriyel Devrim yani Endüstri 2.0 olarak nitelendirilmektedir (Jaiswal vd., 2022: 2). Endüstri 1.0’dan Endüstri 2.0’a doğru teknolojik dönüşümün gerçekleşmesinin asıl nedenlerinden biri buhar gücü ile çalışan makinelerin kömür ile çalıştırılması nedeniyle ortaya çıkan bazı zehirli gazlar ve bu teknolojinin kapalı alanlarda kullanıma elverişli olmaması gibi nedenler yeni bir enerji ihtiyacı doğurmuştur. Bu ihtiyaç ise elektrik enerjisinin endüstriyel üretimde yaygınlaştırılması ile giderilmiştir ve böylece elektrik ile çalışan makineler üretilmeye başlanmıştır. Elektrikli bant sistemi ile kitlesel üretim gelişmiş ve seri üretim, uzmanlaşma, iş bölümü gibi kavramlar bu dönemde gelişme göstermiştir (Aydın & Demiral, 2019: 1978-1979). Bu nedenle, elektrik ve petrol gibi alternatif kaynaklar zamanla daha önemli hale gelmiş ve ön plana çıkmaya başlamıştır (Canas vd., 2021: 2). İkinci Endüstri Devrimi’ni tetikleyen unsurların başında elektriğin üretim süreçlerinde daha efektif kullanılması

ve alternatif kaynakların başında gelen petrol kaynağı ile petrol tabanlı içten yanmalı motorların kullanımı yer almaktadır (Eldem, 2017: 10-11).

İkinci endüstriyel devrim, endüstriyel etkilerinin yanında birçok alanda değişimlere neden olmuştur. Tüketime ve maddi değerlere odaklı bir yapıya bürünen toplum nedeniyle ekonomik olanaklar arasında ortaya çıkan eşitsizlik yeni sosyal sınıfların oluşmasına neden olmuş, sosyal statü sınıflandırma kriterleri (eğitim seviyesi, yaşam tarzı, ulusal aidiyet ve mesleki uzmanlık gibi) sınıf statüsü ve ekonomik faktörlerden sonra ikincil hale gelmiştir (Xu vd., 2018: 91). Ayrıca teknik açıdan insanoglu önemli ilerleme kaydetmiş ve elektrik ampülü, elektrik motoru, içten yanmalı motor, telsiz, telefon, telgraf gibi icatlar bu dönemde ortaya çıkmıştır (Günay, 2002). Ancak, üretim sistemlerinin dijital sistemlere dönüşmeye başlaması, seri üretimde elektronik (mekatronik) ve mekanik sistemlerin birlikte kullanılması, teknolojinin gelişmesiyle birlikte programlanabilen makinelerin ve cihazların ortaya çıkması ile Endüstri 3.0 (Üçüncü Endüstriyel Devrim) dönemine geçilmiştir (Soylu, 2018: 43; Çelikaş vd., 2015).

Bilgisayarların, dolayısıyla otomasyon sistemlerinin endüstride kullanılmaya başlamasının da bu dönüşümü başlatan gelişmeler arasında olduğu söylenebilir. Bu dönüşümle birlikte, otomasyon sistemleri aracılığıyla tek tip üründen eş zamanlı olarak çok sayıda üretebilme prensibi ile çalışan kitlesel üretim müşterilerin değişkenlik gösteren taleplerini üretime yansıtılabilmek adına esnek üretime dönüşmüştür (Javaid vd., 2022: 204; Ghobakhloo vd., 2021: 4238; Helfgott, 1986). Ayrıca esnek üretim sistemlerinin yaygınlaşmaya başladığı dönemde ortaya çıkan bir başka gelişme, internet devrimi de Endüstri 3.0 devriminin gelişimini hızlandırmıştır (Schwab, 2017). Bu devrimin motor gücü olarak genel manada bilişim teknolojilerinin, özel manada ise otomasyon teknolojilerinin endüstriyel üretim süreçlerine dâhil olması gösterilebilir (Gilchrist, 2016; Koçel, 2014).

Üçüncü endüstriyel devrimle birlikte, yönetim alanında da gelişmeler yaşanmış; klasik ve neoklasik yönetim teknikleri yerini modern yönetim tekniklerine bırakmıştır (Görçün, 2016: 113). Böylece, toplam kalite yönetimi, sistem yaklaşımı ve durumsallık yaklaşımı gibi yönetim teknikleri örgütlerde hâkim olmaya, örgütler de daha şeffaf hale gelmeye başlamışlardır (Atıgan, 2014: 36). 1980’li yıllara gelindiğinde, işgücü yapısında yaşanan değişikliklere bağlı olarak örgütlerin “insan” kaynağı önem kazanmaya başlamıştır (Demirkaya, 2006). O yıllara dek mavi yaka olarak belirtilen

ve emek yoğun işgücü olarak faaliyette bulunan işgücü yerine, zihinsel emeğin daha ön planda olduğu beyaz yaka işgücüne doğru bir değişim meydana gelmiştir (Asiltürk, 2018).

İlk üç endüstriyel devrimde, elektrik, bilgi teknolojileri (BT) ve mekanizasyon üretime yön vermiştir (Almada-Lobo, 2016) çünkü bu devrimlerin hedefinde üretimin daha verimli hale getirilmesi yer almaktadır. Ancak günümüzde üretim yapan örgütlerin içinde buldukları toplumun ihtiyaçları ve çevrelerinin etkisi ile özellikle teknolojide meydana gelen değişimler, örgütleri geçmişe göre daha fazla zorluk yaşamasına neden olmaktadır. Bu durum, yalnızca verimlilik odaklı üretimin ve verimliliğin artırılmasının örgütsel rekabeti sürdürebilmek adına yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Örgütler, rekabet ortamında başarılı olabilmek adına; araştırma ve geliştirme (Ar-Ge), yenilik (inovasyon), müşterilere ulaşım stratejileri ve üretim teknikleri gibi konularda yakın iş birliği ve hızlı adaptasyon imkânı sağlayan internet tabanlı yapılara ihtiyaç duymaktadır. Bu bağlamda ortaya çıkan çalışmalar, beklentiler ve arayışlar gün geçtikçe artmakta ve günümüzde Endüstri 4.0 devriminin ortaya çıkışının fitilinin ateşlenmesine neden olmaktadır (Deveci & Demir, 2019: 70-72; Bujak, 2018).

Endüstri 4.0 kavramı, ilk olarak 2014 yılında Almanya'nın Hannover kentinde gerçekleştirilen bir fuarda dile getirilmiştir (Bayraktar, 2017: 127; Cheng vd., 2016; Görçün 2016: 141; Vardar, 2016: 10; Roblek vd., 2016: 1) ve makineleşme, elektrik ve bilişim teknolojilerinin endüstriye girmesiyle ortaya çıkan önceki endüstriyel devrimlerden sonraki aşama olan dördüncü endüstriyel devrimi işaret etmektedir (Gilchrist, 2016). Günümüz dünyasında örgütler dijital bir dönüşüm süreci yaşamaktadırlar. Esasen dijital dönüşüm, bilgisayar teknolojisinin ortaya çıkmaya başladığı yaklaşık olarak 50 yıl öncesine, Endüstri 3.0 dönemine dayanmaktadır (Planing vd., 2016) ancak o dönemde internet teknolojisinin günümüzdeki kadar yaygın olmaması ve zamanla bilgisayar teknolojisinde kaydedilen ilerleme ile endüstriyel üretimde bir devrim oluşturabilecek şekilde karşımıza çıkması günümüze kadar mümkün olmamıştır. Özellikle endüstriyel anlamda kullanılmaya başlanan otomasyon sistemleri ve robotlar makinelerin tekil olarak bilgisayar destekli çalışmalarını sağlamıştır. Daha sonradan nesnelerin interneti kavramının etkisi ile süratli bir ivmelenme yaşamış ve son olarak Endüstri 4.0 konseptiyle hem dünyada hem de Türkiye'de popüler olarak doruk noktasına çıkmıştır. Kavram, Türkiye'de genellikle Endüstri 4.0 ya da Sanayi 4.0 olarak adlandırılmaktadır (Reinhard vd., 2016; TÜSİAD, 2016; Wang vd., 2015).

Dördüncü Endüstri Devrimi, üretim faaliyetlerinin birçoğunun kapsamlı bir dijital dönüşümünü içermektedir. Ayrıca, maliyetlerin kontrol edilmesi, arıza sürelerinin kısaltılması ya da arızaların önüne geçilebilmesi adına sistem performansını gerçek zamanlı bir şekilde izleyebilen, akıllı, yeni nesil, birlikte çalışabilen, birbirleriyle iletişim ve etkileşim halinde üretim sistemlerini oluşturabilmek adına üretim faaliyetlerini bir üst seviyeye taşımaktadır (Morgan vd., 2021: 481; Giannetti & Ransing 2016). Kavram, dünyamızın yeniden bir değişime doğru yol aldığı habercisidir ve temelinde internetin daha yaygın kullanımının esnek üretim sistemleri ile bütünleşmesi ve teknolojinin üretim süreçleri içerisine entegre edilebilmesi yer almaktadır (Schwab; 2017: 18-20; Hisarcıklıoğlu, 2016: 6). Canlı ya da cansız fark etmeksizin her nesnenin internete bağlanarak birbiri ile iletişimli hale geleceği, makineler arası iletişim ile akıllı üretimin hayata geçeceği; bu gelişmelerle yaşanacak ekonomik ve sosyal dönüşümler, kavramın ortaya atılmasından sonra tartışılmaya ve araştırılmaya başlanmıştır (Eldem, 2017: 10; Almada-Lobo, 2016: 16).

Endüstri 4.0; iletişim, bilişim, internet, otomasyon, veri toplama, yapay zekâ ve robotik teknolojilerin üretim süreçlerini etkilemesiyle ortaya çıkan yeni bir olgudur (Pereira & Romero, 2017: 1207) ve bu dönüşümün önümüzdeki yıllarda tamamlanması beklenmektedir. Bu dönüşüm ile, ilk tedarikçiden son kullanıcıya dek bütün üretim ve değer zinciri en gelişmiş dijital teknolojilerden yararlanılarak bütünleşik bir yapıda oluşturulacaktır (Eldem, 2017: 11; Mrugalska & Wyrwicka, 2017: 467-468; Wagner vd., 2017: 125). Bu yönüyle, dönüşümün teknolojik temelleri internet ağı ve siber fiziksel sistemlere dayanmaktadır. Standart internet tabanlı protokoller kullanılarak üretim esnasında hataları öngörmek, parametreler tanımlamak ve değişen koşullara uyum sağlayabilmek adına verilerin analiz edilmesi planlanmaktadır. Mevcut sistemlerin yaygınlaşması ile daha esnek, hızlı ve verimli süreçlerin oluşması sağlanarak daha yüksek kalitedeki ürünlerin daha düşük maliyetlerle üretilmesi sağlanabilecektir (Jan vd., 2023; Chromjakova vd., 2017: 1-2).

Günümüze kadar süregelen ilk üç endüstriyel devrimde ve içerisinde yer aldığımız modern endüstriyel toplumda gözlenen temel hedefler; üretimin belirli bir yerleşkede yer alması ve sürekli bir gelişim misyonuna sahip olması iken; Endüstri 4.0 konsepti, patentle korunmuş ve bu nedenle taklit edilemeyen, küreselleşmeyi hedefleyen, hizmetin otomasyonunu öncelikli görmesi itibarıyla post-modernist bir yapıdadır (Vardar, 2016: 10). İçinde bulunduğumuz dönemde artan bir ivmeyle odaklanılan Endüstri 4.0, diğer endüstriyel devrimlerde geri planda kalan ülkelerin kaybettikleri

üretimde rekabet avantajını tekrar elde edebilmeleri adına önemli bir fırsat sunmaktadır. Ayrıca Endüstri 4.0; kendi ekonomisini yaratan, yerleşmiş değer zincirlerini temelden değiştiren, daha yüksek katma değerli ve en önemlisi nitelikli insan gücü ihtiyacında çok daha önemli bir noktaya geline bir fırsat olarak bu ülkelerin karşısına çıkmaktadır (TÜSİAD, 2016: 13). Bu fırsat, Endüstri 4.0 kavramının da günümüzün en güncel araştırma alanlarından birisi olarak karşımıza çıktığı düşünüldüğünde toplumlara yeni dönemin başlangıcında aktif rol alma ve değişime öncü olma şansı doğurmaktadır.

3. Literatür Taraması

Bir bilim alanında ortaya koyulan bilimsel çalışmaların artması beraberinde yeni bilimsel gelişmelere de yol açmaktadır (Haydaroğlu, 2022b: 284). Bu nedenle, araştırmanın diğer kısımlarına geçmeden önce literatürde daha önce bu alanda ortaya koyulan araştırmalardan öne çıkanlarının bir değerlendirilmesini yapmak gerekmektedir. Literatürde Endüstri 4.0 konulu yayınlar ile ilgili bibliyometrik analiz yöntemine başvuran çalışmalar incelendiğinde mevcut çalışmaların çoğunlukla makaleler ve bildiriler üzerinden gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu bağlamda, Ahmi ve arkadaşları (2019) tarafından ortaya koyulan çalışmada Scopus veritabanı üzerinden bir çalışma yürütmüştür. Aynı şekilde, Sikandar ve arkadaşları (2021) da Scopus veri tabanında yer alan çalışmalara odaklanan bir araştırma ortaya koymuştur. Ayrıca, Oztemel ve Gursev (2020) Endüstri 4.0 ve bileşenlerini ele alan 619 yayının bir literatür taramasını gerçekleştirmiştir. Bir başka çalışmada ise Wichmann ve arkadaşları (2019) Endüstri 4.0 alanında ortaya koyulan çalışmaların sistematik bir değerlendirmesini yapmıştır. Bu çalışmalara benzer çalışmalar; Ghobakhloo ve arkadaşları (2021); Nayernia ve arkadaşları (2022), Pereira ve Romero (2017), Dohale ve Kumar (2018) tarafından farklı zamanlarda ve farklı örneklerde ortaya koyulmuştur. Tepe ve Özcan (2021) ise sosyal bilimler alanında Endüstri 4.0 konulu çalışmaları ele alarak daha kapsamlı bir araştırma gerçekleştirmiştir. Kapsamlı araştırmalara bir diğer örnek olarak ise Usta (2021) tarafından ortaya koyulan ve Türkiye’de yürütülen Endüstri 4.0 araştırmalarını ele alan çalışma gösterilebilir.

Özispa ve Akdaş (2019) ise, dijital dönüşüm konusunda yapılmış çalışmaların lisansüstü tezlere dayalı bir analizini gerçekleştirmişlerdir. Her ne kadar çalışma direkt olarak Endüstri 4.0 konusunda ortaya koyulan bir araştırma olmasa da dijital dönüşüm kavramının Endüstri 4.0 ile yakından ilişkili olması bu araştırmadan bahsedilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Benzer

çalışmalar; Yardımcıoğlu ve Şıtak (2020) tarafından yapay zekâ teknolojisinin muhasebe alanına yansımaları açısından, Tutar ve Ayaz (2023) tarafından hizmetlerin interneti açısından, Büyükkelik ve Afşar (2023) tarafından döngüsel ekonomi ve verimlilik açısından, Çark ve arkadaşları (2019) tarafından büyük veri açısından, Özdemir ve arkadaşları (2018) ve Manavalan ve Jayakrishna (2019) tarafından nesnelere interneti açısından, Kahraman ve Özdemir (2022) tarafından dijitalleşmenin iş sağlığı ve güvenliğine entegrasyonu ve uygulanabilirliği açısından, Palamutçuoğlu ve Gerşil (2022) tarafından Siber-Fiziksel üretim sistemleri açısından, Aoun ve arkadaşları (2021) ve Bodkhe ve arkadaşları (2020) tarafından blok zincir teknolojisi açısından, Lee ve Lim (2021) tarafından makine öğrenmesi açısından, Peres ve arkadaşları (2020) ve Jan ve arkadaşları (2023) tarafından yapay zekâ açısından, Fernandez-Carames ve Fraga-Lamas (2019) tarafından siber güvenlik açısından, Sony ve Naik (2020) tarafından örgütlerin Endüstri 4.0’a hazırlıklı olması açısından, Piccarozzi ve arkadaşları (2022) ve Ching ve arkadaşları (2022) tarafından sürdürülebilirlik açısından, Belinski ve arkadaşları (2020) tarafından örgütsel öğrenme açısından, Ibarra ve arkadaşları (2018) ve Kozalı ve arkadaşları (2017) tarafından ise iş modellerinin inovasyonu açısından ele alınmış çalışmalar mevcuttur.

Endüstri 4.0 dönüşümünün ve bileşenlerinin işletme alanında yansımaları üzerine ortaya koyulan diğer derleme çalışmalara bakıldığında ise sektörel bazda ortaya koyulan çalışmalar çoğunluktadır. Bu bağlamda turizm alanında (Karaca & Önem, 2023; Çallı, 2021; Güvenol vd., 2021; Okatan & Yıldırım, 2021; Ercan, 2020), lojistik alanında (Gültekin vd., 2023; Ak & Kağnıcıoğlu, 2021; Efthymiou & Ponis, 2021; Angreani vd., 2020; Tekin vd., 2020), pazarlama alanında (Bulut & Çelik, 2023; Sağtaş, 2021; Yaprak, 2021), finans ve muhasebe alanında (Günaydın ve Uzunoğlu, 2022; Karamustafa vd., 2022; Yıldız, 2022), insan kaynakları alanında (Bulut ve Dinler, 2023; Tiftik, 2021; Şahin & Yılmaz, 2021), siber güvenlik alanında (Efe, 2021), tedarik zinciri yönetimi alanında (Jetty & Afshan, 2024; Külahlı & Çağlıyan, 2022; Chauhan & Singh, 2019; Yıldız, 2018), üretim yönetimi alanında (Khorasani vd., 2022; Zheng vd., 2021; Angreani vd., 2020; Haleem & Javaid, 2019; Kerin & Pham, 2019; Prinsloo vd., 2019; Zhong vd., 2017) çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Ancak, bu çalışmada da yürütüldüğü şekilde lisansüstü tezlere odaklanan çalışma sayısının yeterli olmadığı saptanmıştır. Bu kapsamda öncü çalışmalar, Karaca ve Türkmen (2022) tarafından Türkiye’de Endüstri 4.0 alanında yazılmış 246 tez çalışmasını inceleyen bir araştırma ile başlamıştır. Bir başka çalışmada ise (Yılmaz vd., 2020), Türkiye’de ortaya koyulan lisansüstü

tezler bibliyometrik olarak ele alınmış ve bu çalışmada 2020 yılına dek işletme alanında 41 lisansüstü tez hazırlandığı görülmüştür. Karaca ve Türkmen (2022: 117) tarafından ortaya koyulan çalışmada ise işletme alanında 90 lisansüstü tez hazırlandığı görülmektedir. Bu durum, Endüstri 4.0 kavramının zamanla önemini giderek arttırdığının bir işareti olarak değerlendirilebilir. Bu nedenle, lisansüstü tezlerin içerisinde spesifik olarak işletme alanında tamamlanan tezleri ele alan bir çalışmaya rastlanmaması bu çalışmanın gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

4. Yöntem

Endüstri 4.0 kavramının her geçen gün önemini artırması göz önünde bulundurulduğunda, literatürde daha önce ortaya koyulan çalışmaların detaylı bir şekilde ve tüm yönleriyle ele alınması gerekliliğini doğmaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın bu bölümünde, belirlenen eksikliklere yönelik gerçekleştirilen bibliyografik taramanın nasıl uygulandığı ve bu kapsamda uygulanan tekniğin kısaca tanıtılması amaçlanmıştır.

4.1. Araştırmanın Amacı

İşletme alanında tamamlanmış Endüstri 4.0 konulu lisansüstü tezlerin belirli kriterlere göre analizi bu çalışma kapsamında ele alınmıştır. Bu doğrultuda, Türkiye Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi'nde dizinlenen yüksek lisans ve doktora tezleri belirlenen temalar çerçevesinde incelenmiş, aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır.

- 1- İşletme alanında tamamlanmış Endüstri 4.0 konulu lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı nasıldır?
- 2- İşletme alanında tamamlanmış Endüstri 4.0 konulu lisansüstü tezlerin tez türlerine göre dağılımı nasıldır?
- 3- İşletme alanında tamamlanmış Endüstri 4.0 konulu lisansüstü tezlerin üniversitelere göre dağılımı nasıldır?
- 4- İşletme alanında tamamlanmış Endüstri 4.0 konulu lisansüstü tezlerin üniversite türlerine göre dağılımı nasıldır?
- 5- İşletme alanında tamamlanmış Endüstri 4.0 konulu lisansüstü tezlerin yayın dillerine göre dağılımı nasıldır?

- 6- İşletme alanında tamamlanmış Endüstri 4.0 konulu lisansüstü tezlerin anabilim dallarına göre dağılımı nasıldır?
- 7- İşletme alanında tamamlanmış Endüstri 4.0 konulu lisansüstü tezlerin kullanılan yöntem türüne göre dağılımı nasıldır?

4.2. Araştırmanın Alan, Evren ve Örneklemi

Üniversiteler, toplumsal işlevlerinden birisi olan araştırma yapmak ve yeni teknolojiler üretmek görevlerinin önemli bir bölümünü, lisansüstü eğitim sürecinde yapılan araştırmalar ile yerine getirmektedir. Bu bağlamda, bilimsel bilginin üretilmesi ve paylaşılması üniversitelerin en önemli görevlerinden birisidir (Alkan, 2014: 43). Üniversitelerde yer alan bilim dallarının lisansüstü eğitim programlarının ve çıktılarının incelenmesi o alanda çalışmalar yürüten bilim insanlarına yol göstermekte ve bilim dalının gelişimine katkı sağlamaktadır (Üstüner & Cömert, 2008: 498-499). Günümüzde, araştırmacı sayısının artması ve bilim insanlarının literatüre sağladığı katkının incelenmesine duyulan merak bibliyometrik analiz yönteminin işletme alanındaki çalışmalar için de kullanılmasını gerekli kılmıştır (Haydaroğlu, 2022a: 284). Bu nedenle, çalışmanın literatür taraması kısmında da vurgulanan eksikliğe dayanarak, araştırmanın evreninin Türkiye Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi’nde yer alan, Endüstri 4.0 konusunda tamamlanmış yüksek lisans ve doktora tezlerinin yazarları tarafından sisteme yüklenirken erişime açılma izni verilen tezler oluşturması uygun görülmüştür. Bu kapsamda 2023 yılı sonuna dek tamamlanan 376 çalışma araştırmanın evrenini oluşturmaktadır. Endüstri 4.0 kavramı yakın tarihte hayatımıza giren bir kavram olduğu için konu özelinde yürütülen tez çalışmalarının en erkeni 2016 tarihlidir ve toplamda 376 tez çalışması 2016-2023 yılları arasında tamamlanmıştır. Ancak, bu araştırmada işletme alanında tamamlanmış tez çalışmaları örneklem olarak belirlendiği için araştırmanın örneklemini işletme alanında tamamlanmış 131 tez çalışması oluşturmaktadır.

4.3. Araştırma Verilerinin Toplanması ve Analizi

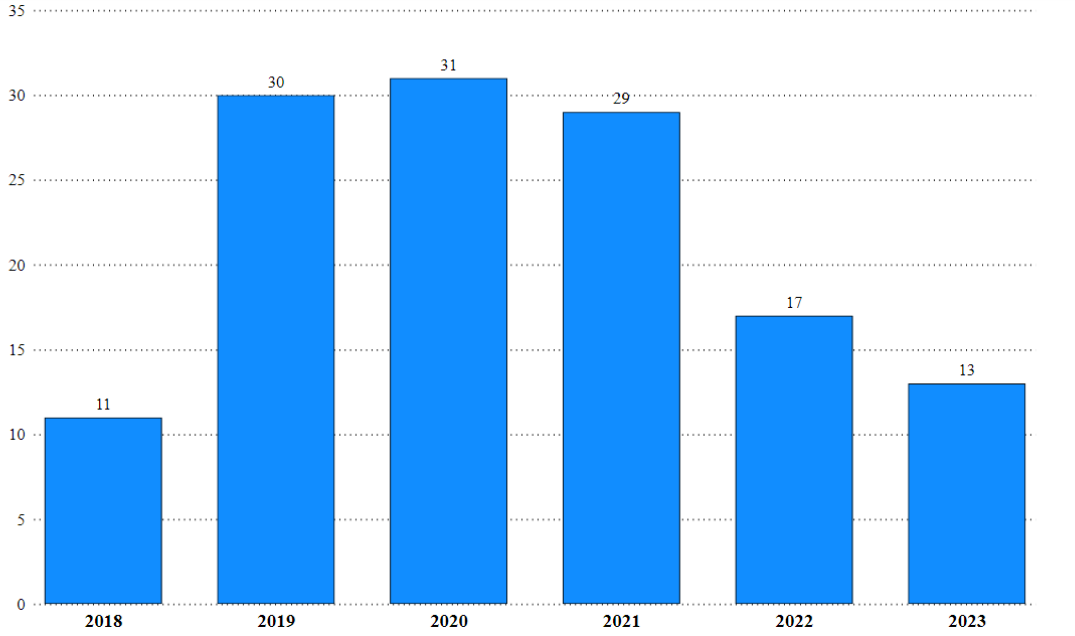
Bir toplumun bilim insanı yetiştirme sürecinin temelinde yer alan unsurlardan birisi de bilimsel çalışmalardır ve bu bilimsel çalışmalardan bir kısmı da lisansüstü tezlerdir (Üstüner & Cömert, 2008: 498). Bu bağlamda, bilimsel araştırmalar arasında yer alan ve bilimsel belge niteliği taşıyan lisansüstü tezleri ele alan ve belge incelemesi yöntemi kullanılarak yapılan bu çalışma bibliyometrik analiz olarak ifade edilebilir (Haydaroğlu, 2022a: 288). Temelde sayım yapmaya

dayanan bibliyometri, ilk olarak, istatistiksel ve matematiksel yöntemlerin bilimsel iletişim ortamlarına uygulanması olarak tanımlanmıştır (Pritchard, 1969). Ancak zamanla değişime uğrayan kavram daha kapsamlı bir tanımlamayla “Dergi, belge ya da diğer basılı yayınların istatistiksel ve matematiksel tekniklerle bazı özelliklerinin incelenerek ve çözümlenerek ilgili alanın bilimsel iletişimine dair ipuçları veren bir yöntemdir” şeklinde tanımlanmıştır (Temizkan vd., 2015: 395).

Bibliyometri yönteminin amacı, belirli bir alanda ortaya koyulan bilimsel çalışmaların belirli özelliklerini ele alarak ilgili bilim alanındaki gelişimi çeşitli yönleriyle ele almak ve böylece bilimsel gelişmeye katkı sunmaktır (Haydaroğlu, 2022a: 284; Donthu vd., 2021: 285; Gürbüz & Şahin, 2017: 429; İslamoğlu & Almaçık, 2016: 224). Bu yönüyle bibliyometrik yöntemler; belirli bir alandaki çalışmaların sayısı, niteliği ve yayınlanma yeri gibi birçok yönden ele alınmasıyla değerlendirilerek geleceğe dönük bilim politikalarının oluşturulmasına olanak sağlamaktadır (Aydın & Geyik, 2021: 2094; Alkan, 2014: 42; Yıldırım & Şimşek, 2008: 228). Bu çalışmada da konu özelinde belirlenen örneklemde yer alan dokümanlar ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve bu doğrultuda belirli yönleriyle sınıflandırılmıştır. Bu bağlamda veri toplama aracına ait oluşturulan sınıflandırmalar şu şekildedir; lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı, tez türlerine göre dağılımı, üniversitelere göre dağılımı, üniversite türlerine göre dağılımı, yayın dillerine göre dağılımı, anabilim dallarına göre dağılımı ve tezlerde uygulanan araştırma yöntemine göre dağılımı. Araştırma örneklemini oluşturan tezler bu sınıflandırmalara göre analiz edilmiş ve bulguların sunulmasında da bu sıralama takip edilmiştir. Sınıflandırmalara ait kategoriler, Ulusal Tez Merkezi’ndeki ilgili tezin ayrıntılı incelenmesi ve tematik kodlara göre oluşturulmuş ve yorumlanmıştır.

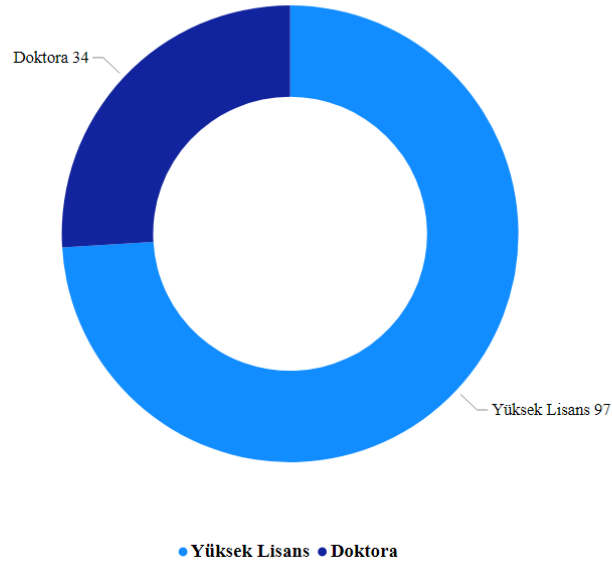
5. Bulgular

Çalışmanın bu bölümünde araştırma bulgularına yer verilmiştir. Bulgular sırasıyla, işletme alanında tamamlanmış lisansüstü tezler arasında Endüstri 4.0 konusunu ele alanların; tezlerin tamamlandığı yıllara göre, tezlerin türlerine göre, tezlerin tamamlandığı üniversitelere göre, tezlerin tamamlandığı üniversitelerin türlerine göre, tezlerin hazırlandığı yayın dillerine göre, tezlerin anabilim dallarına göre ve tezlerde tercih edilen araştırma yöntemlerine göre dağılımının nasıl olduğu sorularına yanıt aranmıştır. Bu kapsamda ilk olarak örnekleme oluşturan tezlerin tamamlandığı yıllara göre dağılımı ele alınmıştır.



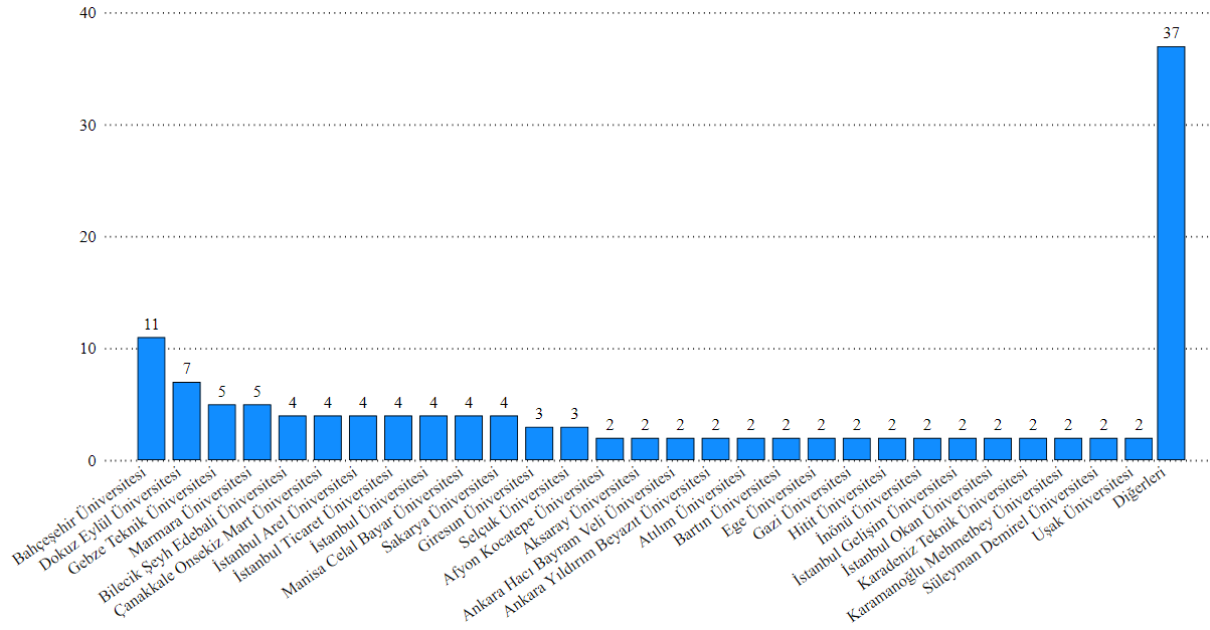
Grafik 1. Tezlerin Tamamlandığı Yıllara Göre Dağılımı

Araştırma örneklemini oluşturan tezler incelendiğinde, işletme alanında Endüstri 4.0 konulu tezlerin en eskisinin 2018 tarihli olduğu görülmektedir. Bu durumun altında yatan neden olarak Endüstri 4.0 henüz yeni bir kavram olması gösterilebilir. Bunun yanında; 2019 yılında 30, 2020 yılında 31, 2021 yılında 29, 2022 yılında 17, 2023 yılında ise 13 tez çalışması ortaya koyulmuştur. Görüldüğü üzere 2021 yılına dek artan bir ivmeyle çalışma sayısı zirveye ulaşırken daha sonra konu özelinde ortaya koyulan çalışmaların azaldığı söylenebilir. 2019 yılı sonlarında hayatımıza giren Covid-19 pandemisi nedeniyle uygulama yapma imkânının azalmış olması ve insanların önceliklerinin değişmesi de bu dönemde tamamlanan tez çalışmalarının azalmasının bir sebebi olarak değerlendirilebilir. Ayrıca, 2023 yılı başında Türkiye’de meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremlerin de bu yılda tamamlanan tezlerin sayısının az olmasında etkili olduğu düşünülebilir. Çalışmada ikinci olarak tamamlanan tez çalışmalarının türleri ele alınmıştır.



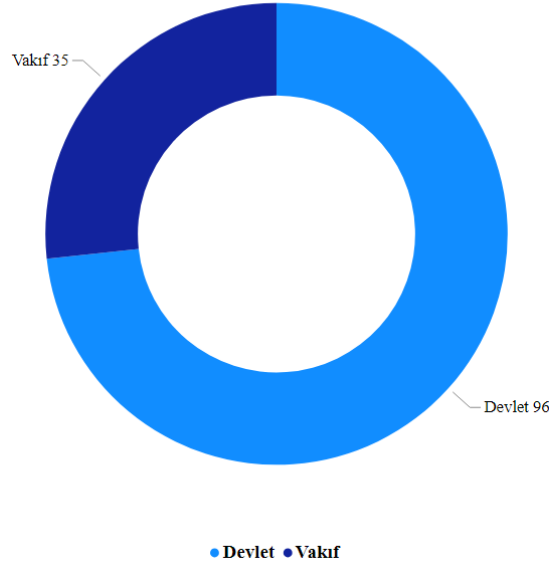
Grafik 2. Tezlerin Türlerine Göre Dağılımı

Yukarıdaki grafikte görülebileceği üzere örnekleme yer alan 131 tez çalışmasının 34'ü doktora, 97'si yüksek lisans programı kapsamındadır. Tamamlanan her bir doktora (%25) çalışmasına karşın 3 yüksek lisans (%75) çalışması ortaya koyulmuştur. Doktora programlarının eğitim sürecinin yüksek lisans programlarına göre daha kapsamlı, uzun süreli ve zorlayıcı olması nedeniyle aradaki bu farkın beklenilebilir bir sonuç olduğu söylenebilir. Ayrıca, üniversitelerdeki eğitim öğretim kadrosu yetersizliği sebebiyle her üniversitede doktora programının olmayışı da bu durumun arkasında yatan sebepler arasında değerlendirilebilir. Bu bağlamda çalışmaların tamamlandığı üniversitelerin ve bu üniversitelerin türlerinin de ele alınması faydalı olacaktır.



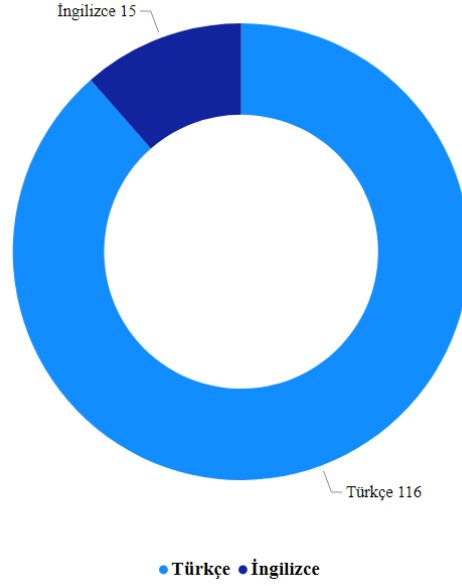
Grafik 3. Tezlerin Tamamlandığı Üniversitelere Göre Dağılımı

Çalışmalar tezlerin tamamlandığı üniversitelere göre ele alındığında en çok çalışmaların ortaya koyulduğu üniversiteler olarak Bahçeşehir Üniversitesi 11 tez, Dokuz Eylül Üniversitesi 7 tez, Gebze Teknik Üniversitesi ve Marmara Üniversitesi ise 5'er tez çalışması ile öne çıkmaktadır. Üniversitelerde görev yapan akademisyenlerin yönlendirmesi, aynı anabilim dalında öğrenim gören araştırmacıların etkileşimi, Endüstri 4.0 kavramının son dönemde yaşadığı gelişim, üniversitelerin politikaları gibi birçok etken göz önünde bulundurulduğunda bu durumun arkasında yatan neden anlaşılabilir. Ayrıca, aynı anabilim dalında görev yapan araştırmacıların da kendi aralarında bir etkileşime sahip oldukları düşünüldüğünde de bu durumu destekler çıkarımlarda bulunulabilir. Elbette bu durumun arkasında yatan nedenin tam olarak anlaşılması adına daha kapsamlı bir çalışma ortaya koyulması gerekmektedir. Bu nedenle burada eldeki verilerle çıkarımlarda ve değerlendirmelerde bulunmakla yetinilmiştir.



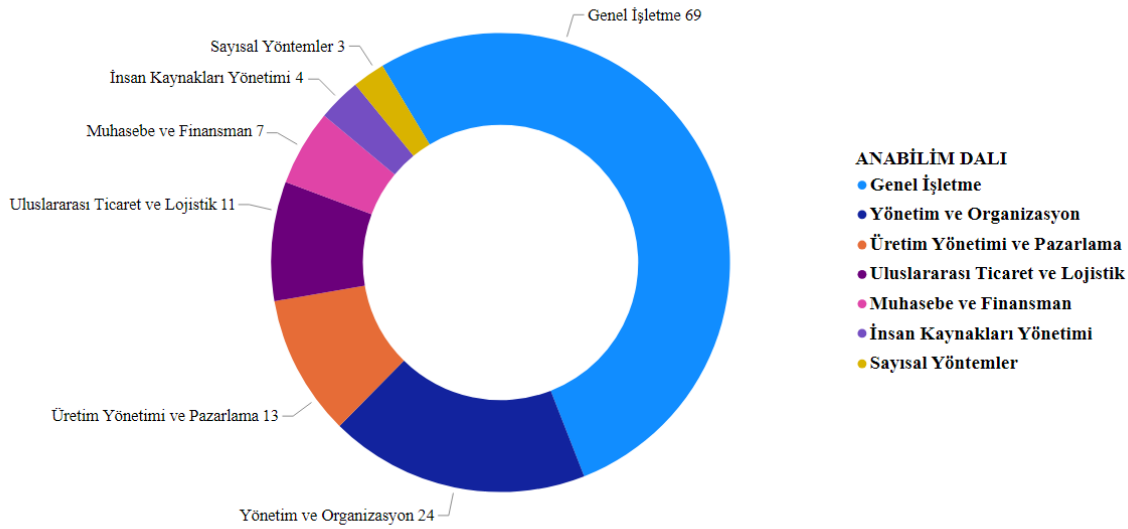
Grafik 4. Tezlerin Tamamlandığı Üniversite Türlerine Göre Dağılımı

Ortaya koyulan tez çalışmalarının tamamlandığı üniversite türlerine göre dağılımı ele alındığında 131 çalışmanın 96'sının devlet üniversitelerinde, 35'inin ise vakıf üniversitelerinde tamamlandığı görülmektedir. Devlet üniversitelerin hem akademik kadro büyüklüğü hem de ekonomik ve fiziki olanaklar açısından vakıf üniversitelerine göre avantajlı olması bu durumun bir açıklaması olarak değerlendirilebilir. Örneğin bir anabilim dalında yükseköğrenim programının açılabilmesi adına belirli sayıda öğretim üyesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu açıdan devlet üniversiteleri hem kamu yararı hedefiyle hem de sosyal devlet anlayışı gereğince bir avantaja sahiptir. Vakıf üniversiteleri ile kıyaslandığında daha fazla öğretim üyesine ve lisansüstü programa sahiptir. Ayrıca Türkiye'de yer alan 208 üniversitenin 129'u devlet, 79'u vakıf üniversitesidir. Bu durum da hazırlanan çalışmaların çoğunun (%72,5) devlet üniversitelerinde gerçekleştirilmesinin bir nedeni olarak değerlendirilebilir.



Grafik 5. Tezlerin Hazırlandığı Yayın Dillerine Göre Dağılımı

Hazırlanan tez çalışmaları yayımlandıkları dillere göre ele alındığında 131 çalışmanın 116'sının Türkçe (%88,5), 15'inin ise İngilizce (%11,5) olarak hazırlandığı görülmektedir. Bu noktada aradaki farkın yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Lisansüstü eğitim programlarının çıktılarının programın yürütüldüğü dilde hazırlanılması gerekliliği bu durumun ana sebebi olarak değerlendirilebilir. Ayrıca bu durumda Türkiye’de hazırlanan tez çalışmalarının uluslararası bilinirlik ve görünürlük açısından yeterliliğinin sorgulanmasını gerektirmektedir. İngilizce hazırlanan çalışmaların küresel görünürlük açısından daha önde olacağı açıktır. Bu bağlamda Türkiye’de ortaya koyulan çalışmaların yabancı dillerde hazırlanmasının teşvik edilmesi gerektiği önerilebilir.

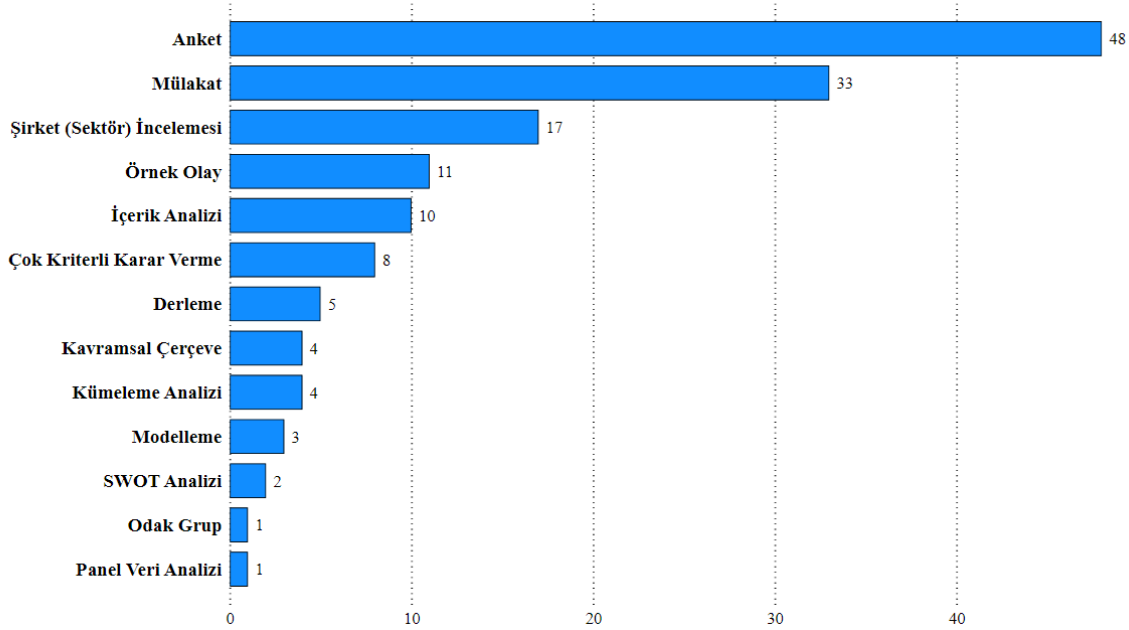


Grafik 6. Tezlerin Yayınlandığı Anabilim Dallarına Göre Dağılımı

Araştırma örneklemini oluşturan tez çalışmalarının yayınlandığı anabilim dallarına göre dağılımı ele alındığında genel işletme anabilim dalında hazırlanan çalışma sayısının (69 tez) oldukça önde olduğu görülmektedir. Akademik kadro yetersizliği nedeniyle her üniversitenin bünyesinde bulunan bölümlerin her bir anabilim dalında yükseköğrenim programı açmaya yetecek kadar öğretim üyesi bulunmaması bu durumun en temel sebebi olarak değerlendirilebilir. Bu nedenle bölümde görev yapan öğretim üyesi sayısı ancak bölüm bazlı bir program açılmasını olanaklı kılmaktadır. Bu durum da adayların hem kendilerine uygun bir yükseköğrenim programı hem de akademik kadro hedefleri açısından genel çapta açılan programları tercih etmeye yönlendirmektedir. Bu bağlamda araştırma sonuçlarına bakıldığında da en çok çalışmanın genel işletme anabilim dalında hazırlandığı görülmektedir.

Anabilim dalı olarak mezun veren programlara bakıldığında ise yönetim ve organizasyon anabilim dalı 24 tez çalışması ile önde görünmektedir. Onun ardından 13 çalışma ile üretim yönetimi ve pazarlama anabilim dalı, 11 çalışma ile uluslararası ticaret ve lojistik anabilim dalı, 7 çalışma ile muhasebe ve finansman anabilim dalı, 4 çalışma ile insan kaynakları yönetimi anabilim dalı ve 3 çalışma ile sayısal yöntemler anabilim dalı gelmektedir. Anabilim dalları özelinde hazırlanan çalışmaların dağılımında da yukarıdaki durumun etkili olduğu söylenebilir. Öğrenciler arasında diğer anabilim dallarına görece daha kolay olduğu düşünülen ya da daha popüler olan anabilim dallarının tercih edilmesi diğerlerine göre daha olasıdır. Türkiye'nin ve dünyanın

içerisinde bulunduğu eğilimler de bu tercihlerde etkili olmaktadır. Ancak gelecekte, tahmini çıkarımlar yerine, bu dağılımın asıl nedenlerinin net bir şekilde saptanabilmesi amacıyla daha kapsamlı bir çalışmanın ortaya koyulması faydalı olacaktır.



Grafik 7. Tezlerde Tercih Edilen Araştırma Tekniklerine Göre Dağılımı

Tez çalışmalarında tercih edilen araştırma teknikleri ele alındığında en çok öne çıkan uygulamanın anket uygulaması (48 tez) olduğu görülmektedir. Anket uygulamasının ardından ise 33 çalışmada tercih edilen derinlemesine görüşme yani mülakat tekniği gelmektedir. Ancak bazı çalışmalarda karma teknikler de tercih edilmiş ve bu karma tekniklerde de sıklıkla anket uygulaması ve mülakat tekniği birlikte tercih edilmiştir. Bu bağlamda her iki tekniğin de en çok tercih edilen teknikler olarak karşımıza çıktığı söylenebilir. Diğer tekniklere görece hazırlanması ve uygulanması daha hızlı ve kolay olan anket uygulamasının bu nedenle öne çıktığı düşünülebilir. Ancak uygulaması, işlenmesi ve yorumlaması hayli meşakkatli olan mülakat tekniği de ikinci sırada yer almaktadır. Bu bağlamda, araştırmacıların tercih ettikleri teknikleri araştırmalarına en uygun teknik olduğunu düşündükleri için tercih ettikleri, uygulama esnasında ortaya çıkacak meşakkatli durumları bir kriter olarak ele almadıkları düşünülebilir.

Bu tekniklerin ardından ise en çok tercih edilen teknik 17 çalışma ile şirket (sektör) incelemesidir. Endüstri 4.0 konseptinin çok yeni bir dönem olması nedeniyle henüz geçmişe yönelik veri edinebilmek adına çok kısır kalmasının araştırmacıları bu incelemelere sevk ettiği

düşünülebilir. Benzer şekilde örnek olay uygulaması da sıklıkla tercih edilmiştir (11 tez). Bu tekniklerin ardından 10 çalışma ile içerik analizi, 8 çalışma ile çok kriterli karar verme tekniklerine yönelik uygulamalar gelmektedir. Diğer teknikler ise 5 ve altı çalışmada tercih edilmiştir. Bu durum, ortaya koyulan araştırma tekniklerinin bir yarısının sıklıkla belirli teknikler etrafında hazırlandığını ancak bir diğer yarısında ise birçok farklı araştırma tekniğinden faydalandığını göstermektedir.

6. Sonuç

Teknolojik gelişmeler incelendiğinde, bu gelişmeler ile iş modellerinin gelişimi arasında derin ve karmaşık bir ilişkinin olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu bağlantı, çoğunlukla endüstriyel devrimlerin tetiklediği teknolojik gelişmelerin, örgütlerin yapısında ve stratejilerinde sürekli olarak değişimlere yol açmasından kaynaklanmaktadır. Her sanayi devrimi, kendi döneminin koşullarına ayrılmaz biçimde bağlı olan farklı sonuçlar doğurmuştur. Özellikle teknolojik yenilikler, çeşitli iş modelleri için hem avantajlı hem de zararlı sonuçlar doğurmuştur. Bu bağlamda literatürde son yıllarda büyük ilgi gören Endüstri 4.0 devrimi, ileri teknolojik bileşenlerin devreye girmesiyle karakterize edilen yeni bir dijital dönüşüm çağına habercisidir. Endüstri 4.0 dönüşümü ve onunla birlikte hayatımıza giren bileşenler dijital dönüşüm çağında teknolojik ilerlemeyi şekillendiren temel belirleyiciler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu açıdan Endüstri 4.0 kavramı, ciddi bir bilimsel ilgiyle karşılanmış kavramın bileşenlerini, çok yönlü boyutlarını ve örgütsel sonuçlarını araştıran birçok çalışma ortaya çıkmıştır. Bu araştırmalar, teorik incelemelerden tutun da Endüstri 4.0'ın pratik etkilerini inceleyen ampirik araştırmalara kadar uzanan geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Konu özelinde hazırlanan lisansüstü tez çalışmaları da bu araştırmalar arasında gösterilebilir. Mevcut lisansüstü çalışmalar literatürü, Endüstri 4.0'ı anlamak adına farklı yaklaşımlar benimsediği için bu çalışmaların da sistematik bir şekilde değerlendirilmesi zorunluluğu bir gereklilik haline gelmiştir. Bu bağlamda, araştırmanın bu bölümünde çalışma kapsamında öne çıkan bulgular, araştırmanın sınırlılıkları ve geleceğe dönük öneriler sunulmaktadır.

Araştırma kapsamında, bibliyometrik analiz aracılığıyla belirli bir bilim dalında ortaya koyulan çalışmaların sınıflandırılması gelecek araştırmalar açısından yol gösterici bir kaynak olarak değerlendirilebilir. Bu şekilde; gerek söz konusu bilim alanının gerekse ülkenin bilim politikalarının geleceğe dönük planlamalarına bir ışık tutulması sağlanacaktır. Bu nedenle

çalışmada, Türkiye’deki yükseköğretim kurumlarında hazırlanan lisansüstü tezlerin incelenmesi ile Endüstri 4.0 konusu özelinde bir bilgilendirme sağlanması amaçlanmış ve elde edilen bulguların literatüre bir katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında Türkiye Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi’nde yer alan ve 2023 yılı sonuna dek tamamlanan 376 yüksek lisans ve doktora tezi incelenmiş ve birçok yönüyle analize tabi tutulmuştur. Ancak, bu araştırmada işletme alanında tamamlanmış tez çalışmaları örneklem olarak belirlendiği 131 tez çalışması ele alınmıştır. Konu özelinde ele alınan tezler incelendiğinde, işletme alanında ortaya koyulan çalışmaların en eskisinin 2018 tarihli olduğu ve yine Endüstri 4.0 konusunu ele alsada başka bir disiplinde hazırlanan en eski çalışmanın ise 2016 yılında hazırlandığı görülmüştür. Bu durumun altında yatan neden olarak Endüstri 4.0 kavramının hayatımıza yeni giren bir olgu olması gösterilebilir. Bunun yanında; 2019 yılında 30, 2020 yılında 31, 2021 yılında 29, 2022 yılında 17, 2023 yılında ise 13 tez çalışması tamamlanmıştır. Görüldüğü üzere 2021 yılına dek artan bir ivmeyle çalışma sayısı zirveye ulaşırken daha sonra konu özelinde ortaya koyulan çalışmaların azaldığı söylenebilir. 2019 yılı sonlarında hayatımıza giren Covid-19 pandemisi nedeniyle uygulama yapma imkânının azalmış olması ve insanların önceliklerinin değişmesi de bu dönemde tamamlanan tez çalışmalarının azalmasının bir sebebi olarak değerlendirilebilir.

İkinci olarak, işletme alanında tamamlanmış Endüstri 4.0 konulu lisansüstü tezlerin tez türlerine göre dağılımı ele alındığında 97 tezin yüksek lisans, 34 tezin ise doktora düzeyinde hazırlandığı görülmektedir. Bu tezlerin tamamlandığı üniversitelerin türlerine bakıldığında ise 96 tezin devlet üniversitelerinde, 35 tezin ise vakıf üniversitelerinde tamamlandığı görülmektedir. Bu üniversiteler arasında ise Dokuz Eylül Üniversitesi devlet üniversiteleri arasında 7 tez ile en çok çalışmanın ortaya koyulduğu üniversite, Bahçeşehir Üniversitesi ise vakıf üniversiteleri arasında 11 tez ile en çok çalışmanın tamamlandığı üniversite olarak karşımıza çıkmaktadır. Üniversitede görev alan bilim insanlarının çalışma alanları, anabilim dalında görev yapan akademisyen sayısı, üniversitelerin politikaları, aynı programda öğrenim gören öğrencilerin etkileşimi gibi birçok durum değerlendirildiğinde bu sonucun altında yatan sebep daha net anlaşılacaktır. Ancak, uygulama olanağı ve zaman kısıtı nedeniyle bu çalışmada daha ayrıntılı bir bilgi edinmenin mümkün olmaması tam olarak bir çıkarımda bulunmayı zorlaştırmaktadır. Burada şimdilik gelecekte ortaya koyulacak çalışmalara yönelik bir öneride bulunulabilir ve bu doğrultuda ortaya

çıkan durum ayrıca bir araştırma sorusu olarak değerlendirilip daha kapsamlı bir çalışmayla ele alınabilir.

Çalışma örneklemini oluşturan lisansüstü tezlerin yayın dillerine göre dağılımı ele alındığında ise tamamlanan çalışmaların 116 tanesinin Türkçe, 15 tanesinin ise İngilizce dilinde yazıldığı görülmektedir. Bu durumun, Türkiye’de işletme alanında ortaya koyulan lisansüstü çalışmaların uluslararası bilinirliğinin yeterince etkili olmaması sonucuna yol açabileceği söylenebilir. Ayrıca, üniversitelerin ve Türkiye Yükseköğretim Kurumu’nun bu kapsamda yapılacak gelecek araştırmaları teşvik edici politikalara yönelmesi ülkenin yararına olacaktır. Anabilim dalları açısından yapılan değerlendirme sonucunda ise tezlerin çoğunlukla genel işletme anabilim dalında (69 tez) yapıldığı görülmektedir. Bu durum, üniversitelerin yükseköğretim programlarında çoğunlukla bir anabilim dalı ayrıştırması yapmadığını göstermektedir. Anabilim dalı özelinde açılan programlarda tamamlanan tezler özelinde ise en çok çalışmanın 24 tez ile yönetim ve organizasyon anabilim dalında hazırlandığı görülmektedir. Daha sonra ise 13 tez çalışması ile üretim yönetimi ve pazarlama anabilim dalı, 11 çalışma ile uluslararası ticaret ve lojistik anabilim dalı, 7 çalışma ile muhasebe ve finansman anabilim dalı, 4 çalışma ile insan kaynakları yönetimi anabilim dalı ve 3 çalışma ile sayısal yöntemler anabilim dalı gelmektedir. Çalışmalarda kullanılan yöntem türüne göre dağılım incelendiğinde ise birçok yöntemin araştırmacılar tarafından tercih edildiği söylenebilir. Çalışmaların çoğunda tek bir yöntem tercih edilse de birden fazla yöntemin tercih edildiği araştırmalar da bulunmaktadır. Çalışmalarda en çok tercih edilen yöntem 48 çalışmada tercih edilen nicel araştırma yöntemlerinden anket uygulaması yöntemidir. Bu yöntemin ardından nitel araştırmalar arasında yer alan ve mülakat olarak da adlandırılan yarı yapılandırılmış görüşme tekniği (33 tez) en çok tercih edilen ikinci yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Şirket ve sektör incelemesi, örnek olay çalışması, içerik analizi ve çok kriterli karar verme teknikleri gibi yöntemler de çalışmalarda tercih edilen yöntemler arasında öne çıkmaktadır.

Literatürde konu özelinde ortaya koyulan çalışmalara bakıldığında, Endüstri 4.0 konusunun zaman içerisinde önem kazanması ve bu alandaki çalışmaların artış göstermesi dikkat çekmektedir. Endüstri 4.0 alanında yapılan araştırmaların, bilimsel yayınların hızla arttığını, akademisyenler ve uygulayıcılar tarafından giderek artan bir ilgiyle karşılandığını ve teknolojinin öneminin giderek artmakta olduğu bir dünyada bu eğilimin gelecekte de devam edeceğini ortaya koyduğu görülmektedir (Nayernia et al., 2022; Ghobakhloo et al., 2021; Sikandar et al., 2021; Oztemel ve

Gürsev, 2020; Ahmi et al., 2019; Wichmann et al., 2019; Dohale ve Kumar, 2018; Pereira ve Romero, 2017). Bu çalışmada da literatür bulguları ile paralellik gösteren sonuçlara ulaşılmıştır. Bu durum, Türkiye’de yapılan akademik çalışmaların uluslararası bağlamı yakından takip ettiğini ve bilimsel araştırmaların küresel eğilimlere uygun şekilde şekillendiğini göstermektedir.

Tepe ve Özcan (2021) tarafından yapılan çalışmada ise Endüstri 4.0 alanındaki bilimsel yayınlar derlenmiş ve bu alana en çok katkı sağlayan disiplinlerin “mühendislik” ve “işletme” olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Usta (2021) tarafından yapılan bir başka çalışmada da Endüstri 4.0 konusundaki akademik yayınların en çok “işletme” alanında yoğunlaştığı saptanmıştır. Bu bulgular, mevcut çalışmanın önemini artırmakta ve literatüre özgün bir katkı sunmasını sağlamaktadır. Bu yönüyle çalışma, Türkiye’deki araştırmaların uluslararası literatürle paralel bir çizgide ilerlediğini ve özellikle işletme disiplini açısından değerli bir bilgi birikimi sağladığını göstermektedir.

Araştırma kapsamında elde edilen bulgular ve çıkarımlar yalnızca mevcut durumu değerlendirmekle kalmayıp gelecekteki araştırmalar için de yol gösterici niteliktedir. Özellikle son yıllarda yapay zekâ teknolojilerinin hızlı gelişimi ve artan popülerliği bu alanda yeni çalışmaların gerçekleştirilmesini adeta bir zorunluluk haline getirmektedir. Bu doğrultuda, Endüstri 4.0 bağlamında yapay zekâ, veri analitiği, makine öğrenimi ve otonom sistemler gibi yenilikçi teknolojilere odaklanan araştırmalar literatüre hem teorik hem de pratik düzeyde katkı sağlayacaktır. Bu alanlardaki yenilikçi yaklaşımlar hem akademik bilgi birikimini derinleştirecek hem de uygulamada karşılaşılan sorunlara çözüm önerileri sunacaktır. Bunun yanı sıra, yapay zekâ uygulamalarının işletme ve mühendislik disiplinlerindeki entegrasyon süreçlerinin incelenmesi de gelecekteki akademik çalışmalar için büyük bir potansiyel taşımaktadır.

Çalışmanın öne çıkan yönlerinin yanı sıra belirli sınırlılıkları da göz önünde bulundurulmalıdır. Çalışmada yalnızca Türkiye’deki yüksek lisans ve doktora tezlerinin incelenmesi bir kısıt olarak değerlendirilmeli ve uluslararası bağlamdaki çalışmaların kapsam dışında bırakıldığı unutulmamalıdır. Ayrıca, tezlerin içerik analizinin yapılmaması, sadece bibliyografik verilerin derlenmesi de bir kısıt olarak değerlendirilebilir. Bu durum, tezlerin yönetsel yaklaşımları ve derinlemesine analizleri hakkında sınırlı bilgi sağlamaktadır.

Ayrıca, gelecekte yapılacak araştırmalar için de çeşitli öneriler sunulabilir. İlk olarak uluslararası tezlerin de dâhil edileceği daha geniş çaplı bibliyografik çalışmalar gerçekleştirilerek

küresel eğilimlerin daha kapsamlı bir şekilde anlaşılması sağlanabilir. İkinci olarak tezlerde içerik analizi yapılarak kullanılan yöntemler, veri setleri ve sonuçların detaylı bir şekilde incelenmesi önerilmektedir. Bu tür bir yaklaşım literatüre hem derinlemesine bir analiz hem de disiplinler arası bakış açısı kazandıracaktır. Ayrıca Endüstri 4.0 ve yapay zekâ konularında farklı disiplinlerin iş birliğini artıracak projelerin teşvik edilmesi de oldukça önemlidir. Bu öneriler ışığında, Türkiye'deki akademik çalışmaların uluslararası iş birliği kapsamında desteklenmesi ve bu alandaki bilimsel katkıların küresel düzeyde yaygınlaştırılması mümkün olabilecektir.

Sonuç olarak, ortaya koyulan bu çalışma ile işletme alanında Endüstri 4.0 konulu lisansüstü tez çalışmalarının genel durumu ile ilgili sistematik bir bilgi verilmesi ve bu şekilde gelecekte bu alanda çalışmak isteyen araştırmacılara bir ışık tutulması amaçlanmıştır. Hayatımıza girişi henüz çok yeni olan Endüstri 4.0 kavramının bu şekilde sistematik değerlendirmelerle ve belirli periyotlarla değerlendirilmesi bu alandaki literatürünün zenginleşmesi ve güncellenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca literatüre katkı sunmak adına konu özelinde ortaya koyulan diğer bilimsel araştırmaların da ele alınması gerekmektedir. Bu alanda bilimsel araştırmalar gerçekleştirilmeyi planlayan bilim insanları bu durumu göz önünde bulundurabilir. Ayrıca, çalışma bulgularında da değinildiği üzere üniversitelerde ortaya koyulan çalışmaların dağılımı, bazı anabilim dallarında ortaya koyulan çalışmaların azlığı, yabancı dilde hazırlanan çalışmaların az oluşu gibi konular da gelecek araştırmalar açısından yol gösterici olabilir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Etik komite onayı ve/veya yasal/özel izin gerektirmeyen bu çalışma, araştırma ve yayın etiğine uygundur.

Araştırmacının Katkı Oranı Beyanı

Yazar makalenin tek yazarı olduğu için katkı oranı %100'dür.

Araştırmacının Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması yoktur.

Kaynakça

- Ahmi, A., Elbardan, H., & Ali, R. H. R. M. (2019). Bibliometric analysis of published literature on Industry 4.0. In *2019 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC)* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.23919/ELINFOCOM.2019.8706445>
- Ak, A. E., & Kağnıcıoğlu, C. H. (2021). Endüstri 4.0’in etkisiyle gelişen Lojistik 4.0: Sistematik bir literatür incelemesi. In *International Sustainable Business and Economic Strategies Congress Proceedings*.
- Aksoy, S. (2017). Değişen teknolojiler ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0’ı anlamaya dair bir giriş. *Katkı (Sosyal Araştırmalar Vakfı-SAV)*, 4, 34–44.
- Alkan, G. (2014). Türkiye’de muhasebe alanında yapılan lisansüstü tez çalışmaları üzerine bir araştırma (1984–2012). *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (61), 41–52. <https://doi.org/10.25095/mufad.396448>
- Almada-Lobo, F. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (MES). *Journal of Innovation Management*, 3(4), 16–21. https://doi.org/10.24840/2183-0606_003.004_0003
- Angreani, L. S., Vijaya, A., & Wicaksono, H. (2020). Systematic literature review of Industry 4.0 maturity model for manufacturing and logistics sectors. *Procedia Manufacturing*, 52, 337–343. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.11.056>
- Aoun, A., Ilinca, A., Ghandour, M., & Ibrahim, H. (2021). A review of Industry 4.0 characteristics and challenges, with potential improvements using blockchain technology. *Computers & Industrial Engineering*, 162, Article 107746. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107746>
- Asiltürk, A. (2018). İnsan kaynakları yönetiminin geleceği: İK 4.0. *Journal of Awareness*, 3(Özel Sayı), 227–544. <https://doi.org/10.26809/joa.2018548665>
- Atıgan, F. (2014). *Yönetim ve organizasyon*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Aydın, E., & Demiral, G. (2019). İşgücü farklılığını dikkate alarak Endüstri 4.0’ın zorlukları ve yararları: Kavramsal bir çerçeve. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11(3), 1976–1990. <https://doi.org/10.20491/isarder.2019.718>
- Aydın, M. S., & Geyik, O. (2021). Kamu maliyesi alanında değişen eğilimler: 2010 sonrası doktora tezlerine yönelik bir içerik analizi. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 56(3), 2090–2110. <https://doi.org/10.15659/3.sektor-sosyal-ekonomi.21.09.1596>
- Bayraktar, Ö. (2017). *Dijital işletme yönetimi*. Selis Yayınları.
- Becue, A., Praça, I., & Gama, J. (2021). Artificial intelligence, cyber-threats and Industry 4.0: Challenges and opportunities. *Artificial Intelligence Review*, 54(5), 3849–3886. <https://doi.org/10.1007/s10462-020-09942-2>

- Belinski, R., Peixe, A. M., Frederico, G. F., & Garza-Reyes, J. A. (2020). Organizational learning and Industry 4.0: Findings from a systematic literature review and research agenda. *Benchmarking: An International Journal*, 27(8), 2435–2457. <https://doi.org/10.1108/BIJ-04-2020-0158>
- Bodkhe, U., Tanwar, S., Parekh, K., Khanpara, P., Tyagi, S., Kumar, N., & Alazab, M. (2020). Blockchain for Industry 4.0: A comprehensive review. *IEEE Access*, 8, 79764–79800. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988579>
- Bujak, A. (2018). The development of telematics in the context of the concepts of “Industry 4.0” and “Logistics 4.0”. In J. Mikulski (Ed.), *Management perspective for transport telematics* (pp. 509–524). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97955-7_34
- Bulut, A., & Dinler, Ö. B. (2023). The effect of Industry 4.0 and artificial intelligence on human resource management. *International Journal of Eastern Anatolia Science Engineering and Design*, 5(2), 143–166. <https://doi.org/10.47898/ijeased.1306881>
- Bulut, Y., & Çelik, G. (2023). Dijital dönüşümün markalaşmaya olan etkisi üzerine kavramsal bir değerlendirme. *Karadeniz Turizm Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 57–74.
- Büyükkeklik, A., & Afşar, Y. (2023). Döngüsel ekonomi ve verimlilik: Sosyal bilimler kapsamında bir literatür incelemesi. *Verimlilik Dergisi*, 127–150. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1114231>
- Canas, H., Mula, J., Diaz-Madronero, M., & Campuzano-Bolarin, F. (2021). Implementing Industry 4.0 principles. *Computers & Industrial Engineering*, 158, Article 107379. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107379>
- Chauhan, C., & Singh, A. (2019). A review of Industry 4.0 in supply chain management studies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 863–886. <https://doi.org/10.1108/JMTM-04-2018-0105>
- Cheng, F. T., Tieng, H., Yang, H. C., Hung, M. H., Lin, Y. C., Wei, C. F., & Shieh, Z. Y. (2016). Industry 4.1 for wheel machining automation. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 1(1), 332–339. <https://doi.org/10.1109/LRA.2016.2517208>
- Ching, N. T., Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Maroufkhani, P., & Asadi, S. (2022). Industry 4.0 applications for sustainable manufacturing: A systematic literature review and a roadmap to sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 334, Article 130133. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130133>
- Chromjakova, F., Bobak, R., & Hruseckka, D. (2017). Production process stability – Core assumption of Industry 4.0 concept. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 215(1), Article 012024. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/215/1/012024>

- Çallı, F. (2021). Turizm endüstrisinin dijital geleceği. *Journal of New Tourism Trends*, 2(1), 97–107.
- Çark, Ö., Yıldız, İ., & Karadeniz, A. T. (2019). Sanayi 4.0 kapsamında işletmeler açısından büyük veri. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 3(2), 114–120.
- Çeliksaş, M. S., Sonlu, G., Özgel, S., & Atalay, Y. (2015). Endüstriyel devrimin son sürümünde mühendisliğin yol haritası. *Endüstri ve Mühendislik Dergisi*, 54(662), 24–34.
- Demirkaya, H. (2006). Tarım toplumundan bilgi toplumuna insan kaynakları yönetiminde değişim. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (27), 1–23.
- Deveci, T. T., & Demir, E. E. (2019). Enformasyon çağında Türkiye. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 4(1), 67–83. <https://doi.org/10.25229/beta.561523>
- Dohale, V., & Kumar, S. (2018). A review of literature on Industry 4.0. In *National convention of IIIE and international conference* (pp. 1–6).
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- EBSO. (2015). *Sanayi 4.0*. Ege Bölgesi Sanayi Odası Araştırma Müdürlüğü.
- Efe, A. (2021). Yapay zekâ ve Endüstri 4.0 ilişkisinin siber güvenlik perspektifinden analizi. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 123–143. <https://doi.org/10.30803/adusobed.936426>
- Efthymiou, O. K., & Ponis, S. T. (2021). Industry 4.0 technologies and their impact in contemporary logistics: A systematic literature review. *Sustainability*, 13(21), Article 11643. <https://doi.org/10.3390/su132111643>
- Eldem, M. O. (2017). Endüstri 4.0. *TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni*, 2017(3), 10–16.
- Ercan, F. (2020). Akıllı turizmde büyük veri kullanımı: Sistematik bir derleme. *OPUS International Journal of Society Researches*, 16(32), 5230–5249. <https://doi.org/10.26466/opus.780017>
- Fernandez-Carames, T. M., & Fraga-Lamas, P. (2019). A review on the application of blockchain to the next generation of cybersecure Industry 4.0 smart factories. *IEEE Access*, 7, 45201–45218. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2908780>
- Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Grybauskas, A., Vilkas, M., & Petraité, M. (2021). Industry 4.0, innovation, and sustainable development: A systematic review and a roadmap to sustainable innovation. *Business Strategy and the Environment*, 30(8), 4237–4257. <https://doi.org/10.1002/bse.2867>

- Giannetti, C., & Ransing, R. S. (2016). Risk based uncertainty quantification to improve robustness of manufacturing operations. *Computers & Industrial Engineering*, 101, 70–80. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.08.002>
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The industrial internet of things*. Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2047-4_10
- Görçün, Ö. F. (2016). *Dördüncü endüstri devrimi Endüstri 4.0* (1st ed.). Beta Yayınevi.
- Gülenç, K., & Arıtürk, M. (2014). Teknoloji çağında rasyonelite, deneyim ve bilgi: Sorunlar & eleştiriler. *Kayı - Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Felsefe Dergisi*, (22), 113–131. <https://doi.org/10.20981/kuufefd.66507>
- Gültekin, B., Gündüz, M. A., Cura, F., Demir, S., & Özer, L. (2023). Pandemi döneminde lojistik dayanıklılıkta teknolojinin rolüne ilişkin bir literatür taraması. *Third Sector Social Economic Review*, 58(4), 2980–3015. <https://doi.org/10.15659/3.sektor-sosyal-ekonomi.23.11.2208>
- Günay, D. (2002). Sanayi ve sanayi tarihi. *Mimar ve Mühendis Dergisi*, (31), 8–14.
- Günaydın, A., & Uzunoğlu, H. (2022). Teknolojik yenilikler ışığında muhasebe eğitimi ve muhasebe mesleğine ilişkin yazınsal bakış. *Denetim ve Güvence Hizmetleri Dergisi*, 2(2), 92–102.
- Gürbüz, S., & Şahin, F. (2014). *Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri* (4th ed.). Seçkin Yayıncılık.
- Güvenol, B., Gündüz, Z., & Güler, M. E. (2021). Endüstriyel devrimler ve toplumsal gelişmelerin ışığında turizm. *Van Yüzyüncü Yıl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(12), 204–227.
- Haleem, A., & Javaid, M. (2019). Additive manufacturing applications in Industry 4.0: A review. *Journal of Industrial Integration and Management*, 4(4), Article 1930001. <https://doi.org/10.1142/S2424862219300011>
- Haydaroğlu, C. (2022a). İşsizlik konusunda yazılmış lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *Turkish Studies-Economy*, 17(2), 281–301. <https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.57895>
- Haydaroğlu, C. (2022b). Enflasyon konusunun yüksek lisans ve doktora tezlerine yansımaları: Bibliyometrik analiz yöntemi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(3), 327–341. <https://doi.org/10.29106/fesa.1077988>
- Helfgott, R. B. (1986). America's third industrial revolution. *Challenge*, 29(5), 41–46. <https://doi.org/10.1080/05775132.1986.11471116>
- Hisarcıklıoğlu, M. R. (2016). Dördüncü sanayi devrimi'nin eşiğindeyiz. *Ekonomik Forum*, (259), 6–7.

- Ibarra, D., Ganzarain, J., & Igartua, J. I. (2018). Business model innovation through Industry 4.0: A review. *Procedia Manufacturing*, 22, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.002>
- İslamoğlu, A. H., & Alnıaçık, Ü. (2016). *Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri* (5th ed.). Beta Yayınevi.
- Jaiswal, K. K., Chowdhury, C. R., Yadav, D., Verma, R., Dutta, S., Jaiswal, K. S., & Karuppasamy, K. S. K. (2022). Renewable and sustainable clean energy development and impact on social, economic, and environmental health. *Energy Nexus*, 7, Article 100118. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100118>
- Jan, Z., Ahamed, F., Mayer, W., Patel, N., Grossmann, G., Stumptner, M., & Kuusk, A. (2023). Artificial intelligence for Industry 4.0: Systematic review of applications, challenges, and opportunities. *Expert Systems with Applications*, 216, Article 119456. <https://doi.org/10.56578/jii010204>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R., & Gonzalez, E. S. (2022). Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 203–217. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.01.008>
- Jetty, S., & Afshan, N. (2024). A bibliometric analysis and systematic literature review of Industry 4.0 implementation in supply chain. *Journal of Science and Technology Policy Management*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-07-2023-0112>
- Kahraman, Z., & Özdemir, K. Y. (2022). Dijitalleşmenin iş sağlığı ve güvenliğine entegrasyonu ve uygulanabilirliği. *OHS Academy*, 5(3), 208–221. <https://doi.org/10.38213/ohsacademy.1128402>
- Kamber, E., & Bolatan, G. İ. S. (2019). Endüstri 4.0 Türkiye farkındalığı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(30), 836–847. <https://doi.org/10.20875/makusobed.630453>
- Karaca, Ş., & Önem, E. Ö. (n.d.). Dijital ikiz teknolojisinin turizm sektöründe kullanım alanları ve etkileri. *Kayseri Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(2), 158–168. <https://doi.org/10.51177/kayusosder.1374880>
- Karaca, T., & Türkmen, N. C. (2022). Endüstri 4.0 konusunda yayınlanmış lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *Journal of Business and Trade*, 3(1), 108–120.
- Karamustafa, E. Y., Arsan, B., & Beşoğlu, K. (2022). Döngüsel ekonomi ve Endüstri 4.0’ın sürdürülebilir kalkınma hedeflerini gerçekleştirmeye etkisi: Sistematik literatür taraması. *Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(2), 294–323. <https://doi.org/10.54838/bilgisosyal.1113937>

- Kerin, M., & Pham, D. T. (2019). A review of emerging Industry 4.0 technologies in remanufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 237, Article 117805. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117805>
- Khorasani, M., Loy, J., Ghasemi, A. H., Sharabian, E., Leary, M., Mirafzal, H., Cochrane, P., Rolfe, B., & Gibson, I. (2022). A review of Industry 4.0 and additive manufacturing synergy. *Rapid Prototyping Journal*, 28(8), 1462–1475. <https://doi.org/10.1108/RPJ-08-2021-0194>
- Koçel, T. (2014). *İşletme yöneticiliği* (15th ed.). Beta Basım Yayım Dağıtım.
- Kozalı, B., Geyik, O., & Akgün, E. (2017). Innovation and growth performances of the EU countries and Turkey through the scope of the fourth industrial revolution. In *Institutions & economic policies: Effects on social justice, employment, environmental protection & growth* (p. 80).
- Küçükkalay, A. M. (1997). Endüstri devrimi ve ekonomik sonuçlarının analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2), 51–68.
- Külahlı, S., & Çağlıyan, V. (2022). Tedarik zincirinde blok zinciri teknolojisi uygulamaları: Sistemik bir literatür taraması. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 22(1), 57–75. <https://doi.org/10.30976/susead.1100978>
- Lee, C., & Lim, C. (2021). From technological development to social advance: A review of Industry 4.0 through machine learning. *Technological Forecasting and Social Change*, 167, Article 120653. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120653>
- Manavalan, E., & Jayakrishna, K. (2019). A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for Industry 4.0 requirements. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 925–953. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.11.030>
- Morgan, J., Halton, M., Qiao, Y., & Breslin, J. G. (2021). Industry 4.0 smart reconfigurable manufacturing machines. *Journal of Manufacturing Systems*, 59, 481–506. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.03.001>
- Mrugalska, B., & Wyrwicka, M. K. (2017). Towards lean production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, 466–473. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.135>
- Nayernia, H., Bahemia, H., & Papagiannidis, S. (2022). A systematic review of the implementation of Industry 4.0 from the organisational perspective. *International Journal of Production Research*, 60(14), 4365–4396. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.2002964>
- Okatan, D., & Yıldırım, Y. (2021). Endüstri 4.0 teknolojilerinin turizm sektörüne yansımaları: Literatür incelemesi. *Journal of Tourism Intelligence and Smartness*, 4(2), 168–185.
- Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(1), 127–182. <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>

- Özdemir, A., Nursaçan, M. N. N., & Nursaçan, İ. (2018). 2014–2018 yılları arasında nesnelerin interneti (IoT) üzerine bir literatür taraması. *Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 1–22.
- Özispa, N., & Akdaş, O. (2019). Dijital dönüşüm konusunda yapılmış çalışmaların lisansüstü tezlere dayalı bibliyometrik analizi. *Mersin Üniversitesi Denizcilik ve Lojistik Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 60–75.
- Palamutçuoğlu, B. T., & Gerşil, M. (2022). 2015–2021 yılları arasında SCI ve SCI Expanded endeksli dergilerde yayınlanan siber-fiziksel üretim sistemleri konulu makalelerin içerik analizi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(Özel Sayı), 205–230. <https://doi.org/10.18026/cbayarsos.1101334>
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206–1214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>
- Peres, R. S., Jia, X., Lee, J., Sun, K., Colombo, A. W., & Barata, J. (2020). Industrial artificial intelligence in Industry 4.0-systematic review, challenges and outlook. *IEEE Access*, 8, 220121–220139. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3042874>
- Piccarozzi, M., Silvestri, C., Aquilani, B., & Silvestri, L. (2022). Is this a new story of the ‘two giants’? A systematic literature review of the relationship between Industry 4.0, sustainability and its pillars. *Technological Forecasting and Social Change*, 177, Article 121511. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121511>
- Planing, P., Pfoertsch, W., & Daimler, A. G. (2016). The digital business transformation paths from manufacturer to digital ecosystem provider - Analyzing the strategic options of large corporations towards digitalization. *Allied Academies Summer Internet Conference Proceedings*, 18(2), 66–70.
- Prinsloo, J., Sinha, S., & von Solms, B. (2019). A review of Industry 4.0 manufacturing process security risks. *Applied Sciences*, 9(23), Article 5105. <https://doi.org/10.3390/app9235105>
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of Documentation*, 25(4), 348.
- Reinhard, G., Jesper, V., & Stefan, S. (2016). Industry 4.0: Building the digital enterprise. *2016 Global Industry 4.0 Survey*, 1(1), 1–39.
- Roblek, V., Mesko, M., & Krapez, A. (2016). A complex view of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2). <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>
- Sağtaş, S. (2021). Endüstri 4.0’in dijital pazarlamaya etkileri. *Tarsus Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 51–66.
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Crown Business.

- Sikandar, H., Vaicondam, Y., Khan, N., Qureshi, M. I., & Ullah, A. (2021). Scientific mapping of Industry 4.0 research: A bibliometric analysis. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(18), 129–147. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i18.25535>
- Sony, M., & Naik, S. (2020). Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: A literature review. *Benchmarking: An International Journal*, 27(7), 2213–2232. <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2018-0284>
- Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve girişimcilikte yeni yaklaşımlar. *Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute*, (32), 43–57. <https://doi.org/10.30794/pausbed.424955>
- Suleiman, Z., Shaikholla, S., Dikhanbayeva, D., Shehab, E., & Turkyilmaz, A. (2022). Industry 4.0: Clustering of concepts and characteristics. *Cogent Engineering*, 9(1), Article 2034264. <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2034264>
- Şahin, D., & Yılmaz, S. (2021). Endüstri 4.0 uygulamalarının sağlık kurumlarında insan kaynakları yönetimine etkilerinin değerlendirilmesi. *Uluslararası Sağlık Yönetimi ve Stratejileri Araştırma Dergisi*, 7(1), 142–155.
- Tekin, M., Öztürk, D., & Bahar, İ. (2020). Akıllı lojistik faaliyetlerinde blokzincir teknolojisi. *Kent Akademisi*, 13(3), 570–583. <https://doi.org/10.35674/kent.773016>
- Temizkan, P., Çiçek, D., & Özdemir, C. (2015). Sağlık turizmi konusunda yayınlanan makalelerin bibliyometrik profili. *Journal of Human Sciences*, 12(2), 394–415. <https://doi.org/10.14687/ijhs.v12i2.3287>
- Tepe, G., & Özcan, B. M. (2021). Review and bibliometric analysis of Industry 4.0 in social sciences. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (67), 159–175. <https://doi.org/10.51290/dpusbe.789178>
- Tiftik, C. (2021). İnsan kaynakları yönetiminde yapay zekâ teknolojileri ve uygulamaları. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, (9), 374–390. <https://doi.org/10.21733/ibad.833256>
- Tutar, H., & Ayaz, E. (2023). Hizmetlerin internetinden ne anlamalıyız? Bir literatür incelemesi. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 24(53), 148–165.
- TÜSİAD (Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği). (2016). *Türkiye'nin küresel rekabetçiliği için bir gereklilik olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte olan ekonomi perspektifi*. <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/8671-turkiyenin-sanayi-40-donusumu>
- Usta, S. K. (2021). Türkiye'de yürütülen Endüstri 4.0 araştırmaları. *Journal of Turkish Operations Management*, 5(2), 839–861.
- Üstüner, M., & Cömert, M. (2008). Eğitim yönetimi teftişi planlaması ve ekonomisi anabilim dalı lisansüstü dersleri ve tezlerine ilişkin bir inceleme. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, (55), 497–515.
- Vardar, S. (2016). IV. endüstri devrimi paradigması. *Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi*, 28(334), 10–15.

- Wagner, T., Herrmann, C., & Thiede, S. (2017). Industry 4.0 impacts on lean production systems. *Procedia CIRP*, 63, 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.041>
- Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C. (2015). Towards smart factory for Industry 4.0: A self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Computer Networks*, 101, 158–168. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.12.017>
- Wen, J., Xie, F., Liu, X., & Yue, Y. (2023). Evolution and development trend prospect of metal milling equipment. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 36(1), Article 15. <https://doi.org/10.1186/s10033-023-00865-x>
- Wichmann, R. L., Eisenbart, B., & Gericke, K. (2019). The direction of industry: A literature review on Industry 4.0. In *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design* (Vol. 1, No. 1, pp. 2129–2138). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.219>
- Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2018). The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *International Journal of Financial Research*, 9(2), 90–95. <https://doi.org/10.5430/ijfr.v9n2p90>
- Yaprak, Ü. (2021). Endüstri 4.0 ışığında pazarlama faaliyetleri: Literatür incelemesi. In 25. *Pazarlama Kongresi Bildiri Kitabı*.
- Yardımcıoğlu, M., & Şitak, B. (2020). Yapay zekâ teknolojisinin muhasebe alanına yansımaları: Literatür incelemesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(2), 342–353. <https://doi.org/10.33905/bseusbed.809795>
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (2nd ed.). Seçkin Yayıncılık.
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ile bütünleştirilmiş dijital tedarik zinciri. *BMIJ*, 6(4), 1215–1230. <https://doi.org/10.15295/bmij.v6i4.322>
- Yıldız, A. (2022). Finans alanında yapay zeka teknolojisinin kullanımı: Sistemik literatür incelemesi. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (52), 47–66.
- Yılmaz, A., Arıcıoğlu, M. A., & Yiğitöl, B. (2020). Endüstri 4.0 üzerine yöntem ve literatür çalışması: Türkiye’deki lisansüstü tez çalışmaları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (57), 293–324. <https://doi.org/10.18070/erciyesiibd.754466>
- Zhang, C., Chen, Y., Chen, H., & Chong, D. (2021). Industry 4.0 and its implementation: A review. *Information Systems Frontiers*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10153-5>
- Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., & Perona, M. (2021). The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: A systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 59(6), 1922–1954. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1824085>

Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of Industry 4.0: A review. *Engineering*, 3(5), 616–630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>

EXTENDED ABSTRACT

The transformative power of industrial revolutions has always shaped the dynamics of societies and organizations. Industry 4.0, characterized by advanced technologies such as the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI) and automation, marks the latest phase of this evolution. In the context of business administration, understanding this digital transformation and its implications is critical for academic discourse and organizational strategies. This review article explores the postgraduate theses prepared in Turkey on Industry 4.0 within the business administration discipline. By conducting a bibliometric analysis of graduate theses archived in the National Thesis Center of the Turkish Council of Higher Education (YÖK), this study offers a comprehensive overview of methodological trends, thematic focuses and emerging insights in this field.

The primary aim of this study is to investigate how Industry 4.0 has been explored in Turkish postgraduate theses in business administration. This involves analyzing theses according to variables such as year of publication, thesis type, institutional affiliation, language, and research methodology. By systematically reviewing 376 theses, including 131 focused on business administration, the study aims to identify academic trends and provide guidance for future research.

A bibliometric analysis was employed to systematically categorize and analyze the postgraduate theses. The dataset comprises theses completed between 2016 and 2023, with 2016 marking the emergence of Industry 4.0 as a research focus. Variables such as publication year, type of thesis (master’s or doctoral), associated universities, disciplines and applied research methods were systematically examined. The analysis not only quantified trends but also highlighted methodological and thematic approaches prevalent in the field. Thus, the study uncovered several significant trends:

- **Temporal Distribution:** The earliest theses on Industry 4.0 in business administration appeared in 2018, with a peak in 2021. However, subsequent years showed a decline, potentially influenced by external factors such as the COVID-19 pandemic and the 2023 earthquakes in Turkey.
- **Thesis Types:** Among the 131 theses analyzed, 97 were master’s theses, and 34 were doctoral dissertations. This distribution reflects the broader availability of master’s programs compared to doctoral opportunities.

-
- **Institutional Affiliation:** The majority of theses were completed at state universities (96 theses). Among these universities, Dokuz Eylül University stands out with 7 theses, while Gebze Technical University and Marmara University stand out with 5 theses each. Apart from this, Bahçeşehir University is leading among private institutions (11 theses). Factors such as faculty expertise, institutional resources and thematic alignment influenced these trends.
 - **Language:** A significant majority (88.5%) of theses were written in Turkish, while 11.5% were in English. This highlights the need for increased emphasis on English-medium research to enhance international visibility and collaboration.
 - **Research Methods:** Survey-based methodologies dominated (48 theses), followed by qualitative approaches such as semi-structured interviews (33 theses). Emerging techniques like content analysis and multi-criteria decision-making were also noted.

The fourth industrial revolution represents a paradigm shift that transcends traditional industrial processes, encompassing smart factories, cyber-physical systems and interconnected ecosystems. Industry 4.0's emphasis on integrating digital and physical systems aligns closely with emerging global trends in innovation, sustainability and efficiency. This transformative phase has far-reaching implications for business administration as organizations must adapt to rapid technological advancements to remain competitive. The theses reviewed in this study provide a unique lens through which to analyze how academic research aligns with these global trends.

The findings of this review also hold significant implications for higher education and policymaking. Universities can play a pivotal role in equipping future leaders with the skills and knowledge required to harness Industry 4.0's potential. Policies that encourage the inclusion of interdisciplinary and practical components in curricula could bridge the gap between theoretical understanding and practical application. Moreover, increased support for research initiatives and collaborations across institutions may foster innovation and expand the scope of academic contributions to Industry 4.0.

A key observation from the bibliometric analysis is the potential for interdisciplinary approaches to enrich Industry 4.0 research. Business administration intersects with engineering, data science, and sociology, among other fields, in studying the complex challenges and opportunities posed by Industry 4.0. Future theses should leverage this interdisciplinary potential

to address questions that require a multifaceted perspective, such as ethical considerations in automation, workforce transformations, and the socioeconomic impacts of digitalization.

Organizations are at the forefront of implementing Industry 4.0 technologies, making the practical implications of these theses particularly relevant. Research findings can guide strategic decision-making in areas such as process optimization, human resource management, and innovation adoption. Furthermore, the integration of AI and automation in business processes calls for adaptive leadership and a culture of continuous learning within organizations. By aligning academic research with these practical needs, universities and industry stakeholders can collectively drive progress in leveraging Industry 4.0’s transformative potential.

Building on the insights from this review, future research should focus on addressing existing gaps and expanding the scope of inquiry. Potential areas for exploration include:

- **Ethical Considerations:** Investigating the ethical implications of AI and automation in decision-making processes.
- **Global Comparisons:** Conducting comparative studies that analyze Industry 4.0 adoption across different countries and regions.
- **Sustainability:** Exploring how Industry 4.0 technologies can contribute to sustainable business practices.
- **Workforce Development:** Assessing the impact of Industry 4.0 on workforce skills and employment trends, with a focus on policy recommendations for upskilling and reskilling initiatives.

This review demonstrates that postgraduate research on Industry 4.0 in Turkey has made valuable contributions to the academic and practical understanding of digital transformation in business administration. However, there is a need for further exploration of emerging technologies and their integration into business practices. Future research should focus on interdisciplinary collaboration, global benchmarking, and the application of advanced data-driven methodologies to enhance the depth and impact of studies in this domain. By fostering these directions, the academic community can better support organizations in navigating the complexities of Industry 4.0.

By systematically examining the academic contributions of postgraduate theses, this study underscores the importance of aligning educational and research priorities with the evolving

demands of Industry 4.0. The findings offer actionable insights for policymakers, educators, and industry leaders, paving the way for more robust and impactful collaborations in the future. This extended abstract not only synthesizes the core elements of the study but also serves as a foundation for further scholarly dialogue and research.

