

**EKOIST Journal of  
Econometrics and  
Statistics**

**Dizinler / Indexing and Abstracting**

TÜBİTAK-ULAKBİM TR Dizin

ProQuest Central

DOAJ

ERIH PLUS

RePEc IDEAS

RePEc EconPapers

Cabells Journalytics

SOBIAD

**Sahibi / Owner**

Doç. Dr. Aycan HEPSAĞ

İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye  
*Istanbul University, Faculty of Economics, Department of Econometrics, İstanbul, Türkiye*  
[bguris@istanbul.edu.tr](mailto:bguris@istanbul.edu.tr)

**Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Responsible Manager**

Dr. Nimet Melis ESENYEL İÇEN

İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye  
*Istanbul University, Faculty of Economics, Department of Econometrics, İstanbul, Türkiye*  
[melis.esenyel@istanbul.edu.tr](mailto:melis.esenyel@istanbul.edu.tr)

**Yazışma Adresi / Correspondence Address**

İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri Bölümü  
İstanbul Üniversitesi Merkez kampüsü İktisat Fakültesi Ekonometri Bölümü Beyazıt/Fatih, İstanbul,  
Türkiye  
Telefon: +90 (212) 440-0000/11671  
Fax: +90 (212) 520 82 86  
E-mail: [ekoist@istanbul.edu.tr](mailto:ekoist@istanbul.edu.tr)  
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ekoist>  
<https://iupress.istanbul.edu.tr/en/journal/ekoist/home>

**Yayıncı / Publisher**

İstanbul Üniversitesi Yayınevi / Istanbul University Press  
İstanbul Üniversitesi Merkez Kampüsü, 34452 Beyazıt, Fatih / İstanbul, Türkiye  
Telefon / Phone: +90 (212) 440 00 00

---

Dergide yer alan yazılardan ve aktarılan görüşlerden yazarlar sorumludur.  
*Authors bear responsibility for the content of their published articles.*

Yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir.  
*The publication languages of the journal are Turkish and English.*

Haziran ve Aralık aylarında, yılda iki sayı olarak yayımlanan uluslararası, hakemli, açık erişimli ve bilimsel bir dergidir.

*This is a scholarly, international, peer-reviewed, open-access journal published biannually in June, December.*

---

**Yayın Türü / Publication Type:** Yaygın Süreli / Periodical

---

## DERGİ YAZI KURULU / EDITORIAL MANAGEMENT BOARD

### Baş Editör / Editor-in-Chief

**Doç. Dr. Aycan HEPSAĞ** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Yöneylem Araştırması Bölümü, İstanbul, Türkiye – [hepsag@istanbul.edu.tr](mailto:hepsag@istanbul.edu.tr)

### Baş Editör Yardımcısı / Co-Editor-in-Chief

**Prof. Dr. Burcu KIRAN BAYGIN** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [kburcu@istanbul.edu.tr](mailto:kburcu@istanbul.edu.tr)

### Editöryal İlişkiler Yöneticileri / Editorial Relations Managers

**Prof. Dr. Ali Karun NEMLİOĞLU** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [karun@istanbul.edu.tr](mailto:karun@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. Mustafa TEKİN** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [mustafatek@istanbul.edu.tr](mailto:mustafatek@istanbul.edu.tr)

### Etik Editörü / Ethics Editor

**Prof. Dr. Ahmet Mucip GÖKÇEN** – İstanbul Rumeli Üniversitesi – [ahmet.gokcen@rumeli.edu.tr](mailto:ahmet.gokcen@rumeli.edu.tr)

### Editöryal Asistanlar / Editorial Assistants

**Dr. Arş. Gör. Hüseyin İÇEN** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [huseyin.icen@istanbul.edu.tr](mailto:huseyin.icen@istanbul.edu.tr)

**Arş. Gör. Sinan DEMİREZEN** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [sinan.demirezen@istanbul.edu.tr](mailto:sinan.demirezen@istanbul.edu.tr)

**Arş. Gör. Buğra POLAT** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [bugra.polat@istanbul.edu.tr](mailto:bugra.polat@istanbul.edu.tr)

### Teknik Uzmanlar / Technical Specialists

**Arş. Gör. Simge AKDAĞ** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Yöneylem Ana Bilim Dalı, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye – [simgeakdag@istanbul.edu.tr](mailto:simgeakdag@istanbul.edu.tr)

**Dr. Arş. Gör. Nimet Melis ESENYEL İÇEN** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü – [melis.esenyel@istanbul.edu.tr](mailto:melis.esenyel@istanbul.edu.tr)

**Dr. Arş. Gör. Haydar EKELİK** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [haydar.ekelik@istanbul.edu.tr](mailto:haydar.ekelik@istanbul.edu.tr)

### Tanıtım Yöneticisi / Publicity Manager

**Arş. Gör. Simge AKDAĞ** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Yöneylem Ana Bilim Dalı, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye – [simgeakdag@istanbul.edu.tr](mailto:simgeakdag@istanbul.edu.tr)

### İngilizce Dil Editörü / English Language Editor

**Elizabeth Mary EARL** – İstanbul Üniversitesi, Yabancı Diller Yüksekokulu – [elizabeth.earl@istanbul.edu.tr](mailto:elizabeth.earl@istanbul.edu.tr)

## YAYIN KURULU / EDITORIAL ADVISORY BOARD

**Prof. Dr. Anıl K. BERA** – University of Illinois, College of Liberal Arts & Sciences, Department of Economics, Şikago, Amerika Birleşik Devletleri – [abera@uiuc.edu](mailto:abera@uiuc.edu)

**Prof. Dr. Mehmet CANER** – The Ohio State University, Department Of Economics, Ohio, United States – [caner.12@osu.edu](mailto:caner.12@osu.edu)

**Prof. Dr. Nicholas APERGIS** – University of Piraeus, Department of Banking and Financial Management, Atina, Yunanistan – [apergis1962@gmail.com](mailto:apergis1962@gmail.com)

**Prof. Dr. Jamal HUSEIN** – Angelo State University, Department of Accounting, Economics and Finance, Texas, United States – [jamal.husein@angelo.edu](mailto:jamal.husein@angelo.edu)

**Prof. Dr. Sakkthivel ANNAMALAI MANICKAM** – Skyline University Collage, School of Business, Department of Marketing, Sharjah UAE – *Skyline University Collage, School of Business, Department of Marketing, Sharjah UAE*

**Prof. Dr. Ram SHANMUGAM** – Texas State University, Honorary Professor of International Studies, School of Health Administration, San Marcos, TX 78666, USA – [shanmugam@txstate.edu](mailto:shanmugam@txstate.edu)

**Prof. Dr. M. Thomas PAUL** – PNG University of Technology, Department of Business Studies, Morobe Province, Papua New Guinea (PNG) – [thomas.paul@pnguot.ac.pg](mailto:thomas.paul@pnguot.ac.pg)

**Prof. Dr. Fatmir MEMAJ** – University of Tirana, Faculty of Economics, Department of Applied Statistics and Informatics, Tirana Albania – [fatmirmemaj@feut.edu.al](mailto:fatmirmemaj@feut.edu.al)

**Prof. Dr. Ojonugwa USMAN** – School of Business Education, Federal College of Education (Technical), Department of Business Education, Potiskum, Yobe State, Nigeria – [usmanojonugwa@gmail.com](mailto:usmanojonugwa@gmail.com)

**Prof. Dr. Cem CANEL** – UNCW Cameron School of Business, University of North Carolina, Department of Operation Management, Wilmington – [canelc@uncw.edu](mailto:canelc@uncw.edu)

**Prof. Dr. Nilgün ÇİL** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [nilgun.cil@istanbul.edu.tr](mailto:nilgun.cil@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. Seyhun DOĞAN** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü, İstanbul, Türkiye – [sdogan@istanbul.edu.tr](mailto:sdogan@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. Haluk Zülfikar** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü, İstanbul, Türkiye – [zulfikar@istanbul.edu.tr](mailto:zulfikar@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. Mithat Zeki DİNÇER** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü, İstanbul, Türkiye – [mzdincer@istanbul.edu.tr](mailto:mzdincer@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. Veysel BOZKURT** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü, İstanbul, Türkiye – [vbozkurt@istanbul.edu.tr](mailto:vbozkurt@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. Burak SALTOĞLU** – Boğaziçi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonomi Bölümü, İstanbul, Türkiye – [burak.saltoglu@boun.edu.tr](mailto:burak.saltoglu@boun.edu.tr)

**Prof. Dr. Ahmet Mucip GÖKÇEN** – Rumeli Üniversitesi, İktisadi, İdari Ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, İstanbul, Türkiye – [agokcen@istanbul.edu.tr](mailto:agokcen@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. Fazıl GÜLER** – Yeditepe Üniversitesi, Ticari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, İstanbul, Türkiye – [fazil.guler@istanbul.edu.tr](mailto:fazil.guler@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. H. Targan ÜNAL** – Doğuş Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, İstanbul, Türkiye – [targan.unal@okan.edu.tr](mailto:targan.unal@okan.edu.tr)

**Prof. Dr. Nurcan METİN** – Trakya Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Edirne, Türkiye – [nurcanmetin@trakya.edu.tr](mailto:nurcanmetin@trakya.edu.tr)

## DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

**Prof. Dr. Ercan SARIDOĞAN** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [ercan.saridogan@istanbul.edu.tr](mailto:ercan.saridogan@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. Ferda YERDELEN TATOĞLU** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [yerdelen@istanbul.edu.tr](mailto:yerdelen@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. Handan YOLSAL** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [yolsalh@istanbul.edu.tr](mailto:yolsalh@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. Kutluk Kağan SÜMER** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [kutluk@istanbul.edu.tr](mailto:kutluk@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. Mehmet Hakan SATMAN** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [mhsatman@istanbul.edu.tr](mailto:mhsatman@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. Melda AKIN** – İstanbul Üniversitesi, İstanbul, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [akin01@istanbul.edu.tr](mailto:akin01@istanbul.edu.tr)

**Doç. Dr. Hakan BEKTAŞ** – İstanbul Üniversitesi, İstanbul, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [hbektas@istanbul.edu.tr](mailto:hbektas@istanbul.edu.tr)

**Doç. Dr. Leyla Aylin AKTÜKÜN** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [aylin@istanbul.edu.tr](mailto:aylin@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. Sema ULUTÜRK AKMAN** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [akmans@istanbul.edu.tr](mailto:akmans@istanbul.edu.tr)

**Prof. Dr. Özlem YORULMAZ** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [yorulmaz@istanbul.edu.tr](mailto:yorulmaz@istanbul.edu.tr)

**Dr. Öğr. Üyesi Leyla YÜCEL** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [isbilen@istanbul.edu.tr](mailto:isbilen@istanbul.edu.tr)

**Dr. Öğr. Üyesi Özlem GÖKTAŞ** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [ozlemg@istanbul.edu.tr](mailto:ozlemg@istanbul.edu.tr)

**Dr. Öğr. Üyesi Seda KARAKAŞ GEYİK** – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [kseda@istanbul.edu.tr](mailto:kseda@istanbul.edu.tr)

**Dr. Öğr. Üyesi Şenol EMİR** – İstanbul Üniversitesi, İstanbul, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – [senol.emir@istanbul.edu.tr](mailto:senol.emir@istanbul.edu.tr)

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

### ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

- Düşük Sosyoekonomik Statüye Sahip Öğrencilerin Başarısını Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi: Bayesyen Model Ortalama Yaklaşım  
*The Bayesian Model Averaging (BMA) Approach for Determining the Factors Affecting the Achievement of Students with Low Socioeconomic Status*  
**Derya Topdağ, Ebru Çağlayan Akay** ..... 1
- The Impact of Sectoral Investment on Economic Growth: Evidence from Algeria using Static Panel Data Models  
**Kamel Mahali** ..... 12
- Interaction Between Stock Exchange And Interest Rate in Turkey: A Hidden Cointegration and Asymmetric Causality Analysis  
**Onur Şeyranlıoğlu, Çağlar Sözen, Ferhat İspiroğlu** ..... 22
- Finansal Piyasalarda Etkinlik Hipotezi: OECD Ülkeleri Üzerine Bir Uygulama  
*The Efficiency Hypothesis in Financial Markets: An Application over OECD Countries*  
**Derya ÖZ** ..... 35
- Kahve Çekirdeği Kalitesi Sıralamasında TOPSIS Yöntemi Yaklaşımı  
*TOPSIS Method Approach in Ranking Coffee Bean Quality*  
**Fatih Boyar** ..... 46
- Trade Balance, Real Exchange Rate and Trade Policy Uncertainty in Türkiye: Evidence from the SVAR Approach  
**Fatma Ünlü** ..... 63
- Algeria's Path to Sustainable Economic Development: Is it on Track or Not?  
**Bouazza Elamine Zemri, Sidi Mohamed Boumediene Khetib** ..... 76
- Türkiye'deki İmalat Sanayi Firmalarının Büyüme Performanslarını Etkileyen Kriterlerin Kantil Regresyon ile Belirlenmesi  
*Determination of Criteria Affecting the Growth Performance of Manufacturing Industry Firms in Türkiye Using Quantile Regression*  
**Aycan Kulaksız Hacıbebekoğlu, Seda Bağdatlı Kalkan** ..... 98
- Terörist Faaliyetler Bağlamında Uluslararası Göçün Belirleyicileri: Panel Veri Analizi  
*The Determinants of International Migration in the Context of Terrorist Attacks: A Panel Data Analysis*  
**Bengü TOSUN, Murat EREN** ..... 110



## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Ar-Ge Harcamaları, Toplam Faktör Verimliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Üzerine Bir Ampirik Analiz <i>An Empirical Analysis of the Relationship between Research and Development Expenditures, Total Factor Productivity, and Economic Growth in Turkey</i>	
<b>Hamza Çeştepe, Sezin Şıklı</b> .....	<b>121</b>
Türkiye’de Toplu İş Sözleşme Kapsama Oranını Etkileyen İktisadi Faktörler: Eşbütünleşme Yaklaşımı <i>Economic Factors Affecting the Collective Bargaining Agreement Coverage Rate in Turkey: Cointegration Approach</i>	
<b>Atila Aydın</b> .....	<b>134</b>
Kripto Piyasalarında Genetik ve Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Performans Karşılaştırması <i>Performance Comparison of Genetic and Machine Learning Algorithms in Crypto Markets</i>	
<b>Berna Yaman Şahin, Sema Ulutürk Akman</b> .....	<b>151</b>
A New Proposal for the Measurement of Criterion Weights in the Scope of Multi-Criteria Decision Making: Somer’s D-DEMATEL based Hybrid Approach (SDBHA)	
<b>Furkan Fahri ALTINTAŞ</b> .....	<b>165</b>
A Sectoral Application for Green Vehicle Routing Problem Optimization with Capacity Constrained and Heterogeneous Fleet	
<b>Furkan Dışkaya, Sait Erdal Dinçer</b> .....	<b>183</b>
Türkiye Ekonomisinde Dolarizasyon ve Reel Kur İlişkisi <i>Dollarization and the Real Exchange Rate Nexus in Türkiye’s Economy</i>	
<b>Ahmet Metin Çamdibi, Server Demirci</b> .....	<b>199</b>
Panel Veri Modelleri İle Öngörü Performans Kıyaslaması: Çevresel Kuznets Eğrisi Analizi <i>Forecasting Performance Comparison With Panel Data Models: Environmental Kuznets Curve Analysis</i>	
<b>Mücella Şahin, Turgut Ün</b> .....	<b>208</b>



# Düşük Sosyoekonomik Statüye Sahip Öğrencilerin Başarısını Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi: Bayesyen Model Ortalama Yaklaşımı\*

## The Bayesian Model Averaging (BMA) Approach for Determining the Factors Affecting the Achievement of Students with Low Socioeconomic Status

Derya Topdağ<sup>1</sup> , Ebru Çağlayan Akay<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>(Arş. Gör.), Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonometri Bölümü, Bandırma, Türkiye

<sup>2</sup>(Prof. Dr.), Marmara Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye

\* Bu çalışma sorumlu yazarın Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Ana Bilim Dalı doktora programı kapsamında yazmış olduğu "OECD ülkelerinde dayanaklı öğrencilerin akademik başarısını etkileyen faktörlerin nonparametrik bayesyen regresyon tahmini" başlıklı doktora tezinden türetilmiştir.

### ÖZ

Akademik başarı ve sosyoekonomik arka plan arasındaki ilişkinin analizi, eğitim araştırmalarında önemli konulardan biridir. Türkiye’de düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrenci yüzdesinin uluslararası ortalamanın üstünde olmasına rağmen, bu öğrencilerin özellikle ortalama matematik başarı puanlarının uluslararası ortalama puanına göre nispeten yüksek olduğu görülmektedir. Bu makalenin amacı, Türkiye’de düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin matematik başarısını etkileyen değişkenleri Bayesyen yaklaşımın sunduğu küçük örneklem boyutu ve modelleme esnekliğinden yararlanarak belirlemektir. Çalışmanın verileri Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması (TIMSS) 2019 sekizinci sınıf matematik değerlendirmesinden elde edilmiştir. Çalışmada, çok sayıda bağımsız değişken içeren büyük ölçekli eğitim verileriyle çalışırken hangi değişkenlerin modele dahil edilmesi gerektiğini belirlemek için Bayesyen model ortalama (BMA) yaklaşımı kullanılmıştır. Bayesyen model ortalama sonuçlarına göre, evdeki kitap sayısı, öğrencinin akademik beklentisi, okula ait hissetme, matematiğe karşı tutum, devamsızlık ve zorbalığa maruz kalma, matematik performansının en önemli açıklayıcıları olarak tespit edilmiştir. Düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin matematik başarısızlığının okula ve matematik dersine karşı olumsuz tutumlar, zorbalığa maruz kalma ve artan ödev sıklığı ile yakından ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin matematik başarısında annenin eğitim seviyesi ve cinsiyetin etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Sonuçlar düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin okul içinde ve okul dışındaki eşitsizlik unsurlarından etkilendiğini göstermektedir. Sonuç olarak, eğitim politikalarının sosyoekonomik eşitsizlikleri dikkate alarak düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrenciler için fırsat eşitliği sunması beklenmektedir.

### ABSTRACT

Analyzing the relationship between academic achievement and socioeconomic background is an important subject in educational research. Even though the percentage of students with low socioeconomic status in Türkiye is higher than the international average, these students’ average mathematics achievement scores can be shown to be relatively higher than international average scores. This study aims to identify the variables that influence the mathematics achievement of students with low socioeconomic status in Türkiye using the small sample size and modeling flexibility provided by the Bayesian approach. Data were employed for this purpose from the 2019 International Survey of Mathematics and Science Trends (TIMSS) 8th-grade mathematics assessment. The study uses the Bayesian model averaging (BMA) approach to determine which variables should be included in the model when working with large-scale educational data and a large number of independent variables. According to the Bayesian model averaging results, the number of books at home, students’ academic expectations, sense of belonging to school, attitudes toward mathematics, absenteeism, and exposure to bullying are the strongest predictors of mathematics achievement. The findings from this study show the mathematics failure of students with low socioeconomic status to be closely associated with negative attitudes toward school and mathematics courses, exposure to bullying, and greater frequency of homework. Furthermore, the study has determined mother’s educational level to have no influence on the mathematics achievement of students with low socioeconomic

Corresponding Author: Derya Topdağ E-mail: dtopdag@bandirma.edu.tr

Submitted: 21.02.2023 • Revision Requested: 30.03.2023 • Last Revision Received: 29.05.2023 • Accepted: 29.05.2023



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

status, while gender does have an effect in terms of father's education level. The results show students with low socioeconomic status to be impacted by the components of inequalities inside and outside of school. Consequently, education policies are expected to provide equitable opportunities for students with low socioeconomic status by taking socioeconomic inequalities into account.

**Anahtar Kelimeler:** Bayesyen Model Ortalama (BMA), TIMSS, Matematik Başarısı, Düşük Sosyoekonomik Statü (low-SES)

**Keywords:** Bayesian model averaging, BMA, TIMSS, mathematics achievement, low socioeconomic status

### EXTENDED SUMMARY

Ensuring the academic achievement of all students has now become necessary to satisfy the increasing demands of the global economy and improve people's welfare. According to long-standing research, family is the most reliable predictor of a student's academic and future achievement. Researchers commonly focus on socioeconomic inequalities regarding academic achievement. Socioeconomic inequalities generally explain differences in students' reading and mathematics achievement across Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) countries. Many empirical studies have demonstrated that students with low socioeconomic status perform worse academically. Based on the findings, students with high socioeconomic status tend to outperform students with low socioeconomic status. In this framework, education systems are supposed to provide an equitable opportunity to students with low socioeconomic status by developing policies that deal with socioeconomic inequalities. The percentage of students in Türkiye with low socioeconomic status has been observed to exceed the international average. For these reasons, identifying the factors that influence the mathematical achievement of students with low socioeconomic status in Türkiye is critical for the education system and policymakers. This study aims to identify the variables that influence the mathematics achievement of students from low socioeconomic status in Türkiye using the modeling and small sample size flexibility provided by the Bayesian approach. For this purpose, data have been employed from the 2019 International Survey of Mathematics and Science Trends (TIMSS) eighth-grade mathematics assessment.

The Bayesian model averaging (BMA) approach is used to determine what variables should be included in a model when employing large-scale educational data. This approach takes into account model uncertainty in addition to parameter uncertainty. BMA considers the uncertainties in the model format and assumptions and incorporates them into inferences about the unknown parameter being studied. The BMA approach solves the problem of how to choose a model by incorporating multiple competing models into the estimating procedure. This study considers the BMA approach as a solution to the model uncertainty problem.

According to the analysis results, the strongest predictors of mathematics achievement are the number of books at home, students' academic expectations, sense of belonging at school, attitudes toward mathematics, absenteeism, and exposure to bullying. The variable that most increases student performance is observed as the number of books, which as an indicator of home education resources. As expected, the frequency with which the test language is spoken at home is also found to have a positive and significant effect on mathematics achievement. The findings indicate the variables of academic expectation and positive teacher expectation to also be important in explaining mathematics achievement. In accordance with previous studies, these variables have been identified as the most influential factors increasing the performance of students with low socioeconomic status. Furthermore, having a positive attitude toward mathematics has been reported to positively influence student achievement, whereas having a negative attitude negatively influences student achievement. The findings show that having a negative attitude toward mathematics is the most harmful factor affecting mathematics achievement. On the other hand, the study suggests a student's sense of belonging to school to decrease mathematics performance because of negative school-related thoughts. Increases in the frequency of homework and exposure to bullying (e.g., name calling) are shown to have a negative effect on students' mathematics performance. Another important finding involves the mother's level of education not being a significant factor in students' mathematics performance, while having a father with a higher level of education is shown to increase those student's mathematics performance. The fact that only the father's education level has an impact on student performance demonstrates the presence of a gender effect. Overall, the results indicate that students with low socioeconomic status are impacted by the components of inequalities inside and outside of school.

### GİRİŞ

Küresel ekonominin artan taleplerini karşılamak ve bireylerin yaşam kalitesini yükseltmek için tüm öğrencilerin akademik başarısını sağlamak küresel bir zorunluluk haline gelmektedir. Eğitim sadece bireyin refahını değil gelecek nesillerin koşullarını da iyileştirebilir. Daha iyi eğitilmiş ailelerin daha başarılı ve işgücü piyasasında daha iyi sonuçlar alan çocuklara sahip olma olasılıklarının yüksek olduğu görülmektedir. Diğer taraftan zorlu sosyoekonomik koşullarla karşı karşıya kalan öğrenciler temel okuma ve matematik becerilere sahip olmak için mücadele etmektedir (OECD, 2011: 14). Birleşmiş Milletler Kalkınma Programına (UNDP) göre düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrenciler hem okul içinde hem de okul dışında eşitsizlik unsurlarından etkilenmektedir. Eğitim sistemindeki bu eşitsizliklerin ele alınması, bir ülkenin ve küreselleşen toplumların genel performanslarını yükseltmede hayati bir öneme sahiptir. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden "Hedef 4 (SDG4)" eğitim

ile ilgili bir hedefdir. Bu hedef “*kapsayıcı ve eşitlikçi kaliteli eğitim sağlamayı ve herkes için yaşam boyu öğrenme fırsatlarını teşvik etmeyi*” amaçlamaktadır. Burada bahsedilen kapsayıcı eğitim, öğrencilerin sosyoekonomik statüsüne bakılmaksızın, kişisel durumları ne olursa olsun tüm çocukların eğitime erişiminin sağlanması olarak tanımlanmakta ve eğitimde eşitliğin sağlanmasının temel şartı olarak görülmektedir (OECD, 2019: 54). “Sosyoekonomik statü (SES)” bir ailenin veya bireyin servet, prestij ve güce erişimlerine veya bunlar üzerindeki kontrollerine dayalı olarak, hiyerarşik bir sosyal yapı üzerinde görel konumu olarak tanımlanabilir. SES, öğrencilerin eğitim fırsatlarını, başarılarını, belirli işgücü piyasalarına erişimlerini ve ömür boyu kazançlarını etkilemektedir (Willms ve Tramonte, 2015:16). Ayrıca SES sadece geliri değil aynı zamanda eğitim kazanımını, finansal güvenliği ve sosyal statüyü de kapsamaktadır. Sosyoekonomik statü, eğitim ve sosyal bilim alanında kişilerin yaşam kalitesi, fiziksel ve psikolojik sağlık dahil olmak üzere çeşitli sonuçların güvenilir bir göstergesi olarak kullanılmaktadır (APA: 2017). Sosyal bilimciler ve eğitim teorisyenleri tarafından düşük SES (“dezavantajlı” etiketi de kullanılmaktadır), düşük gelirli ailelerden gelen çocukları ifade etmektedir (Wang ve ark. 1998: 5).

Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması (TIMSS) ve Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA) gibi uluslararası eğitim değerlendirmeleri zaman içerisinde ve farklı eğitim sistemleri arasında öğrenci başarısındaki farklılıkları ortaya koyabilmek için uygulanmaktadır. TIMSS, sosyoekonomik statüyü öğrencilerin ev eşyaları (evde bilgisayar, internet bağlantısı, çalışma masası ve öğrencinin kendi odası), evdeki kitap sayısı ve ebeveyn eğitim düzeyi gibi üç bileşen içerecek şekilde tanımlamıştır (TIMSS, 2020). Öğrencilerin temel özellikleri de başarı performanslarını etkilemektedir. Eğitim sistemleri ülkelere ve okullara göre farklılık gösterse de öğrenci başarısındaki önemli değişiklik SES ile açıklanmaktadır. Bu nedenle SES eğitim araştırmalarında önemli bir faktör olarak görülmektedir (Broer ve ark., 2019: 1-9).

Çeşitli ampirik araştırmalar, düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin daha yüksek sosyoekonomik statüye sahip öğrencilere göre nispeten daha düşük performans sergilediğini göstermektedir (TIMSS, 2020; OECD, 2019; UNDP, 2019). Türkiye açısından bu durumu ele alırsak, düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrenci yüzdesinin uluslararası ortalamanın üstünde olmasına rağmen, bu öğrencilerin özellikle ortalama matematik başarı puanlarının uluslararası ortalama puanına göre nispeten yüksek olduğu görülmektedir (TIMSS, 2020).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin matematik başarısını etkileyen faktörlerin neler olduğunu Bayesyen yaklaşım ile belirlemektir. Çalışmada TIMSS 2019 matematik değerlendirilmesine katılan düşük SES’e sahip sekizinci sınıf öğrenci grubu ele alınmaktadır. Türk eğitim yapısı gereği sekizinci sınıf, dört yıl ilköğretim ve dört yıl ortaokul eğitimi olmak üzere lise eğitimine geçmeden önceki son aşamadır. Bu nedenle bu sekiz yıllık birikimli eğitim sürecinin bir değerlendirmesinin sunulmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ortaokulda fen dersi fizik, kimya ve biyoloji gibi birkaç bağımsız konuyu içerdiği için bu çalışmada sadece matematik başarısı ele alınmıştır. Düşük SES’e sahip bu öğrenci grubu TIMSS veri setinin bir alt örneklemdir. Bu nedenle ele alınan bu özel öğrenci grubuna ait gözlem sayısı küçüktür. Bunun yanında incelenecek bağımsız değişken sayısı da fazladır. Bu değişkenlerin belirlenmesi, düşük SES’e sahip öğrencilerin matematik derslerinde hangi koşullarda başarılı olduklarını anlamaya ve sonuç olarak eğitim politikalarına yön vermeye yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma, Bayesyen Model Ortalama yaklaşımı kullanılarak TIMSS verilerini analiz eden ilk çalışmadır. Bayesyen yaklaşımının kullanılma nedeni, bu yöntemin dağılımlara dayanan çıkarımlar sayesinde daha zengin çıkarımlar sunması, büyük örneklem teorisine dayanmadığından küçük örneklem için daha doğru tahminler sağlaması ve karmaşık veri yapılarıyla birlikte karmaşık modellerin daha esnek bir şekilde tahmin edilmesine olanak sunmasıdır. (König ve van de Schoot, 2018: 497). Çalışmamızda düşük SES’e sahip öğrencilerin matematik başarısını etkileyen faktörler belirlenirken bu motivasyonların yanı sıra model belirsizliği sorununa da kullanışlı bir çözüm sunan Bayesyen Model Ortalama (Bayesian Model Averaging, BMA) yaklaşımı kullanılacaktır.

Çalışmanın giriş bölümünü takip eden ikinci bölümde literatür ele alınmıştır. Üçüncü bölümde Bayesyen model ortalama yaklaşımı, ilk olasılıklar ve son olasılık dağılım algoritmasını içeren metodolojik açıklamalar yer almaktadır. Dördüncü ve beşinci bölümde sırası ile veri setine ait bilgiler ve analiz sonuçları ayrıntılı olarak sunulmuştur. Çalışma sonuçlarına ilişkin genel değerlendirmeyi içeren sonuç bölümü ile tamamlanmaktadır.

## Literatür

Sosyoekonomik statü ile öğrenci başarısı arasındaki ilişki belgeleyen teorik ve ampirik birçok çalışma mevcuttur. Coleman ve ark. (1966) sunduğu rapor temel olarak okulların öğrencinin geçmişinden bağımsız olarak öğrencinin akademik başarısı üzerinde çok az etkisi olduğunu ve öğrencilere ev ve arkadaş çevresi tarafından dayatılan eşitsizliklerin okul sonunda yaşamlarında karşılaştıkları eşitsizliklere dönüştüğünü ortaya koymuştur. Ayrıca eğitim sürecinin birikimli olduğu ve geçmişte uygulanan girdilerin, öğrencilerin mevcut başarı düzeylerini etkilediğini tespit edilmiştir (Coleman ve ark., 1966: 325). Bu ilişkiyi inceleyen diğer önemli bir çalışmada Şirin (2005), 1990 ve 2000 yılları arası literatürü gözden geçirdiği SES ve akademik başarı araştırmasına

ilişkin meta-analizinde, SES ölçümündeki farklılıklara rağmen öğrenci başarısı ile SES arasında orta dereceli bir ilişki olduğunu tespit etmiştir.

İnsani Gelişme Raporu (2019), neredeyse tüm ülkelerde öğrenme sonuçlarının en güçlü belirleyicileri olarak ebeveyn eğitimi, sosyoekonomik durum ve ev kaynakları (kitaplara erişim vb.) gibi faktörlerin olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca düşük sosyoekonomik geçmişe sahip öğrencilerin daha az eğitim alma fırsatına sahip olduğu ve bu sosyoekonomik eşitsizliklerin son yirmi yılda yüksek ve sabit kaldığı tespit edilmiştir (UNDP, 2019: 48). Buna ek olarak öğrenme fırsatı ve SES arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar yüksek SES'e sahip öğrencilerin genellikle önemli matematik konularını öğrenmek için daha çok fırsat elde ettiğini göstermektedir. Schmidt ve ark. (2015), öğrencilerin öğrenme fırsatı ile SES arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarında özellikle matematik başarısına ilişkin düşük SES'e sahip öğrencilere daha zayıf içerikler sunulduğuna dair kanıtlar sunmuşlardır. Bu nedenle başarılı eğitim sistemlerinin, sosyoekonomik eşitsizlikleri dikkate alan sistemler geliştirerek düşük SES'e sahip öğrencilere öğrenme için fırsat eşitliği sunması beklenmektedir (OECD, 2011). Diğer taraftan, PISA (2009) raporu düşük SES'e sahip bir öğrenci olmanın düşük performans olasılığını artırdığını göstermektedir (OECD, 2010). Daha güncel PISA 2018 sonuçlarına göre, değerlendirmeye katılan 79 ülkenin 20'sinde öğrencilerin sosyoekonomik statüsü, okul performansındaki değişimin yaklaşık olarak %15'ini açıklamaktadır. Ayrıca sonuçlar öğrencilerin sosyoekonomik statüsünün matematik performansı üzerinde etkili olduğunu ve SES'in matematik performansının yaklaşık %13,8'ini açıkladığını göstermektedir (OECD, 2019: 56).

Coleman raporunun yayınlanmasından sonra geçen süre içerisinde SES faktörünün öğrenci başarısı üzerindeki etki boyutunun değiştiği, ancak bir öğrencinin sosyoekonomik statüsü ile akademik başarısı arasındaki ilişkinin kalıcı ve önemli olduğu görülmektedir. Sosyoekonomik statü ile öğrenci başarısı arasındaki ilişkiyi belgeleyen birçok çalışma mevcutken, düşük SES'e sahip öğrencilerin başarı performanslarını etkileyen faktörleri analiz eden çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir.

Fındık ve Kavak (2013), Türkiye'de düşük sosyoekonomik geçmişe sahip öğrencilerin okuma başarısını, genel tarama modeli kullanılarak incelemişlerdir. Genel olarak yüksek başarılı öğrencilerin üçüncü yeterlilik düzeyine düşük başarılı öğrencilerin ise ikinci yeterlilik düzeyine ulaştığını tespit etmişlerdir. Ayrıca çalışmada yüksek başarılı kız öğrenci oranının erkek öğrenci oranından fazla olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Kalender (2015), düşük sosyoekonomik statüye sahip düşük başarılı ve yüksek başarılı öğrenciler arasındaki performans farklılıklarını etkileyen okul ve öğretmen faktörlerini incelediği çalışmasında, lojistik regresyon analizi sonuçlarına göre yüksek başarılı öğrencilerin okul ve öğretmene karşı olumlu tutumlara sahip olduğunu tespit etmiştir. Diğer taraftan Önder ve Uyar (2018), matematik başarısı açısından düşük başarılı ve yüksek başarılı öğrencilerinin öğrenci özelliklerini yapısal eşitlik modeli yarımıyla inceledikleri çalışmalarında düşük başarılı öğrenci performansını okula yönelik tutumun, yüksek başarılı öğrencilerin performansını ise matematiğe yönelik duyuşsal özelliklerin pozitif yönde etkilediğini bulmuşlardır. Ülkeler arası karşılaştırmalı bir değerlendirme sunan Erberber ve ark. (2015), 28 eğitim sistemi için sosyoekonomik dezavantajlı yüksek başarılı öğrencilerin oranını ve bu öğrencilerin matematik performansını etkileyen faktörleri lojistik regresyon yardımı ile incelemiştir. Analiz sonucunda sosyoekonomik dezavantajlı yüksek başarılı öğrencilerin akademik beklentileri, matematiğe değer vermeleri ve daha az zorbalığa maruz kalmaları önemli faktörler olarak belirlenmiştir. Beş Asya ülkesini ele alındığı çalışmada Hernandez ve Bialowolski (2016), düşük SES'e sahip öğrencilerinin matematik başarılarını etkileyen faktörleri lojistik regresyon modeli yardımıyla incelemişlerdir. Sonuçlar, öğrencilerin matematiğe karşı olumlu tutumu, öğretmenin öğrenciye güveni ve test dilinin evde konuşma sıklığı değişkenlerinin daha yüksek akademik başarı olasılığı ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Son olarak Agasisti ve ark. (2021), 56 ülke için düşük sosyoekonomik statüye sahip başarılı öğrencilerin dağılımını ve 2006-2015 yılları arasında meydana gelen değişiklikleri incelemiştir. Ayrıca çalışma 18 ülke için sosyoekonomik dezavantajlı öğrencilerin başarılı olma olasılığı ile ilişkili okul faktörleri iki düzeyli lojistik regresyon modeli ile analiz etmiştir. Çalışma sonucunda okul politikalarının ve uygulamalarının, dezavantajlı öğrencilerin başarılı olma olasılığını etkileyebileceği ve başarılı olma olasılıklarını artırabileceği vurgulanmıştır.

Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, bu çalışmada, düşük SES'e sahip öğrencilerin matematik başarısını etkileyen faktörlerin belirlenmesi için hem küçük örneklem boyutunu hem de model belirsizliğini dikkate alan, modelleme esnekliği sağlayan Bayesyen yaklaşımı kullanılarak, dezavantajlı öğrencilerin başarılarını etkileyen faktörlerdeki benzerlik ve farklılıkları ortaya konulacaktır. Diğer taraftan çalışmada güncel TIMSS 2019 verileri kullanılmıştır. Bu bağlamda çalışmanın hem güncel durum değerlendirmesi sunması hem de farklı bir metodoloji kullanarak mevcut literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

### **Bayesyen Model Ortalama Yaklaşımı**

Leamer (1978) tarafından önerilen Bayesyen model ortalama (BMA) yaklaşımı, geleneksel yaklaşımdan kaynaklanan model belirsizliğini hesaba katmak için tutarlı bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yaklaşım, incelenmekte olan tüm modellerin ortalamasının alınmasını içermekte, yalnızca tek bir model verildiğinde parametreler hakkındaki belirsizliği değil aynı zamanda birleştirilmiş tüm modellerdeki belirsizliğin de dikkate alınmasını sağlamaktadır (Rafety, 1995; Hoeting ve ark., 2002). Model ortalaması, tek bir en iyi model sunan geleneksel yaklaşımın aksine tahmin sürecine birkaç rakip modelin dahil edilmesi ile model seçim sorununu ortadan kaldırmakta ve model ortalaması sonuçları seçilen tek bir modele göre daha sağlam sonuçlar vermektedir (Hoeting ve ark., 1999: 399).

BMA yaklaşımı, olası modeller içinden veriler için uygun bir dizi alt model belirler ve daha sonra bu alt modellerin katsayılarını her modelin son model olasılığı (Posterior Model Probability, PMP) ile ağırlıklandırılarak ortalamasını alır. Bu süreç, veriden gelen bilginin yanında ön bilginin de modele dahil edilmesine izin veren ve yeni veriler gözlemledikçe son olasılıkları güncelleyen Bayes teoremini kullanılarak yapılmaktadır.

D verisi verildiğinde,  $M_1, \dots, M_K$  ele alınan rakip modeller olmak üzere,  $M_k$  modelinin seçilmesine karşılık gelen  $p(M_k | D)$  son model olasılığı,

$$p(M_k | D) \propto p(D | M_k)p(M_k) \quad (1)$$

olarak ifade edilebilir. İlk terim, k model verildiğinde verinin marjinal olasılığıdır ve  $p(D|M_k) = \int p(D | \theta_k, M_k) p(\theta_k | M_k) d\theta_k$  olarak tanımlanır. Burada  $\theta_k, M_k$  modelinin parametreler vektörünü,  $p(D | \theta_k, M_k)$  benzerliği,  $p(\theta_k | M_k)$  ise  $\theta_k$  parametrelerinin  $M_k$  modeli altındaki ilk olasılığını ifade etmektedir (Raftery ve ark., 1997:180). Eşitlik (1)'deki ikinci terim  $p(M_k)$  ise  $M_k$  modelinin doğru olmasına yönelik inancımızı ifade eden ilk model olasılığını göstermektedir (Madigan ve Raftery 1994; Kaplan ve Lee, 2018: 5).

BMA yaklaşımının uygulanabilmesi için modeller ve model parametreleri hakkında ön bilgilerin (ilk olasılıkların) tanımlanması gerekmektedir. Eğer  $2^P = K$  tane olası model arasında bazı modellerin tercih edilmesine yönelik ön bilginiz yoksa, tüm modellere eşit şans veren ilk model olasılığı varsayımı yapılır. Bu durumda olası her modele eşit  $1/K$  ilk olasılığı atanır. BMA modeli parametreleri  $\theta_k$  için ise Raftery (1998) tarafından önerilen zayıf bilgilendirici ilk olasılıklar (unit information prior) kullanılır. Bu ilk olasılıklar, kabul edilebilir olduğu düşünülen parametre değerlerini içerecek genişlikte (yeterince küçük varyansa sahip, zayıf bilgi veren) ancak düz (çok büyük varyansa sahip, bilgisiz) ilk olasılık kadar da aşırı yayılmayan ilk olasılıklar olarak tanımlanabilir. Model parametreleri için ilk olasılık, bir gözlem için beklenen bilgi matrisine eşit varyans ve parametre ortalaması maksimum olabilirlik tahminine dayalı olarak  $\theta_k \sim N(\mu, 1)$  şeklinde tanımlanmaktadır (Raftery, 1998: 4; Kaplan ve Lee, 2018: 11).

BMA yaklaşımında, en olası modelleri içeren son model olasılık dağılımına yakınsamak için Markov Zinciri Monte Carlo Model Bileşimi (MC3) örnekleyicisi kullanılmaktadır. Olası modeller, entegre olasılık üzerinde bir Metropolis-Hastings algoritması kullanılarak ele alınır ve zincirin sonunda her model için kesin son olasılıklar hesaplanır böylece en uygun modelleri içeren son model olasılık dağılımına yakınsama sağlanır (Raftery ve ark., 2015: 25). Bu algoritmanın adımları şu şekildedir:

1. İlk olarak herhangi bir i başlangıç modeli seçilir, yani ilk adımda örnekleyici  $p(M_i | D)$  son model olasılığına sahip olan  $M_i$  modelindedir.
2. Bir sonraki adımda geçiş dağılımından,  $M_i$ 'nin yerini alması için  $(i + 1)$  modeli  $M_j$  önerilir.
3. Örnekleyicinin yeni model  $M_j$ 'yi kabul etme olasılığı  $i$  ve  $j$  modeller için PMP değerleri kullanılarak şu şekilde hesaplanır (Raftery ve ark., 1997: 182):

$$p_{i,j} = \min \left( 1, \frac{p(M_j | D)}{p(M_i | D)} \right) \quad (2)$$

$M_j$  modelinin en uygun model olarak kabul edilmesi durumunda mevcut model haline gelir ve bir sonraki adımda diğer aday modellere karşı tercih edilmesi gerekmektedir.

4.  $M_j$  modeli reddedilirse, tekrar sayısı bir artırılarak 2. adıma dönlür.

Bu şekilde artan yineleme sayısı, her bir modelin tercih edilme sayısı, son model olasılık dağılımına yakınsamaktadır (Zeugner ve Feldkircher, 2015:10). Böylece gerçek son dağılıma yakınsama sağlandığında en uygun modeller için istenilen kestirimler yapılabilmektedir.

## Veri Seti

TIMSS, Uluslararası Eğitim Başarısını Değerlendirme Derneği (IEA) tarafından desteklenmekte ve Ulusal Eğitim İstatistikleri Merkezi (NCES) tarafından yürütülmektedir. Matematik ve fen alanındaki uluslararası en büyük eğitim değerlendirmelerinden biri olan TIMSS'e ait veriler 1995'ten bu yana her dört yılda bir dördüncü ve sekizinci sınıf öğrencilerden toplanmaktadır. Yedinci değerlendirmeyi sunan TIMSS 2019 sonuçları incelendiğinde, daha varlıklı okullardaki<sup>1</sup> sekizinci sınıf öğrencilerinin matematik (518 puan) alanında ortalama olarak en yüksek puanlara sahipken, daha dezavantajlı okullardaki<sup>2</sup> sekizinci sınıf öğrencilerin

<sup>1</sup> Öğrenci kitlesinin %25'inden fazlası ekonomik açıdan varlıklı evlerden gelen öğrencilere sahip okullar olarak tanımlanmıştır (TIMSS, 2020).

<sup>2</sup> Öğrenci kitlesinin %25'inden fazlasının ekonomik açıdan dezavantajlı evlerden gelen öğrencilere sahip okullar olarak tanımlanmıştır (TIMSS, 2020).

en düşük puanlara (466 puan) sahip olduğu görülmektedir. Türkiye için, TIMSS 2019 sekizinci sınıf matematik öğrencileri ele alındığında, daha dezavantajlı okullardaki öğrenci yüzdesinin (%45) uluslararası ortalamasının (%32) üstünde olduğu görülmektedir. Ancak bu öğrencilere puan açısından bakıldığında Türkiye'deki ortalama matematik başarı puanının (474) uluslararası ortalama matematik başarı puanının (466) üstünde olduğu görülmektedir. Benzer şekilde evdeki kaynak göstergesi olarak Türkiye için çok az kaynağa sahip öğrenci yüzdesinin (%32) uluslararası ortalamasının (%13) çok üstünde olduğu görülmektedir. Türkiye'de az kaynağa sahip öğrencilerin 439 olan ortalama matematik başarı puanının, uluslararası ortalama matematik başarı puanının (433) üstünde olduğu görülmektedir (TIMSS, 2020).

TIMSS 2019 Türkiye araştırmasına toplam 4.077 öğrenci katılmıştır. Bu çalışmada kullanılan veriler, 2019 yılı TIMSS uluslararası veri tabanından alınan öğrencilerin sosyo-demografik özellikleri ve başarı testi puanlarına ilişkin maddeleri içeren (BSGM7) öğrenci dosyasından derlenmiştir.<sup>3</sup> Çalışmamızda, düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin uluslararası bir tanımlaması için Erberber ve ark. (2015) takip edilerek TIMSS 2019 veri tabanında bulunan Evde Eğitim Kaynağı (HER) indeksinin “az kaynak” (3) kategorisi seçilmiştir. Az kaynağa sahip öğrenciler 25 veya daha az kitaba sahip olduklarını, çalışma odası veya internet bağlantısı desteğine sahip olmadıklarını ve hiçbir ebeveynin ortalama olarak lise eğitiminin ötesine geçmediğini ifade etmişlerdir (TIMSS, 2020). HER kısıtı ve eksik veriler için satır silme işlemi uygulandıktan sonra elde edilen alt örneklem büyüklüğü n=654 olarak belirlenmiştir.

TIMSS, her konu içindeki alt konular için puanlar hesaplamaktadır. Matematik için alt konular cebir, geometri, istatistik gibi konuları içermektedir. TIMSS matematik başarısı için BSMMAT01'den BSMMAT05'e beş makul değer hesaplar ve bunlar ortalama 500 ve standart sapma 100 olan yaklaşık puanlardır (Martin ve ark., 2020). Bağımlı değişken matematik başarısı (MAT) için bu beş makul puanın ortalaması alınmıştır. Öğrenci geçmiş dosyasından literatüre dayalı olarak önemli görülen ve düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin matematik başarısını etkileyeceği düşünülen 30 bağımsız değişken seçilmiştir. Bu bağımsız değişkenlere ait tanımlamalar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Değişken Tanımları

Değişken	Tanım	Değer
ITSEX	Öğrenci cinsiyeti	1(Kız)-0(Erkek)
BSBG03	Test dilinin evde konuşma sıklığı	1 (Asla)-4 (Daima)
BSBG04	Evdeki kitap miktarı	1 (0-10)- 4 (200'den fazla)
BSBG05A	Kendine ait bilgisayar veya tablet var mı?	1(Evet)-0(Hayır)
BSBG05B	Kendine ait masa var mı?	1(Evet)-0(Hayır)
BSBG05C	Kendine ait oda var mı?	1(Evet)-0(Hayır)
BSBG05D	İnternet erişimi var mı?	1(Evet)-0(Hayır)
BSBG05E	Kendine ait telefon var mı?	1(Evet)-0(Hayır)
BSBG06A	Annenin en yüksek eğitim seviyesi	1(İlk öğretim/yok)-7(Yüksek Lisans/Doktora)
BSBG06B	Babamın en yüksek eğitim seviyesi	1(İlk öğretim/yok)-7(Yüksek Lisans/Doktora)
BSBSG07	Öğrencinin akademik beklentisi	1(Orta öğretim)-6(Yüksek Lisans/Doktora)
BSBSG10	Devamsızlık durumu	1(Asla)-4(Haftada bir kez)
BSBG13A	Okula gitmek isterim	1(Pek katılmıyorum)-4(Çok katılıyorum)
BSBG13B	Okuldayken kendini güvende hissediyorum	1(Pek katılmıyorum)-4(Çok katılıyorum)
BSBG13C	Okula ait hissediyorum	1(Pek katılmıyorum)-4(Çok katılıyorum)
BSBG13E	Bu okula gitmekten gurur duyuyorum	1(Pek katılmıyorum)-4(Çok katılıyorum)
BSBG14A	Fiziksel görünüşüm hakkında kötü şeyler söylenir (saç, kilo vb.)	1(Asla)-4(Haftada bir kez)
BSBM15	Matematik dersine kendi başıma çalışırım	1(Asla)-4(Genellikle)
BSBM16A	Matematik öğrenmekten zevk alıyorum	1(Pek katılmıyorum)-4(Çok katılıyorum)
BSBM17D	Öğretmenim matematiği iyi açıklar	1(Pek katılmıyorum)-4(Çok katılıyorum)
BSBM19A	Genelde matematikte başarılıyım	1(Pek katılmıyorum)-4(Çok katılıyorum)
BSBM19B	Matematik benim için daha zordur	1(Pek katılmıyorum)-4(Çok katılıyorum)
BSBM19G	Öğretmenim matematikte iyi olduğumu söyler	1(Pek katılmıyorum)-4(Çok katılıyorum)
BSBM20C	Üniversiteye girebilmek için matematikte başarılı olmam gerekiyor	1(Pek katılmıyorum)-4(Çok katılıyorum)
BSBM20H	Ebeveynlerim matematiğin önemli olduğunu düşünür	1(Pek katılmıyorum)-4(Çok katılıyorum)
BSBM20G	Matematik öğrenmek, ileride bana daha fazla iş fırsatı verecek	1(Pek katılmıyorum)-4(Çok katılıyorum)
BSBM26AA	Öğretmeniniz size ne sıklıkla ödev veriyor	1(Asla)-5(Her gün)
BSBM26BA	Ödevleriniz için yaklaşık kaç dakika harcarsınız	1(0 dakika)-6(90 dakikadan fazla)
BSBM27BA	Son 12 ay içinde ek derslere veya özel derse katıldınız mı	1(Katılmadım)-4(8 aydan fazla)
BSDAGE	Öğrenci yaşı	Minimum (9)-Maksimum (19)

<sup>3</sup> IEA (2019). TIMSS 2019 Student Questionnaire. <https://timss2019.org/international-database/>

## Analiz Sonuçları

Çalışmada elde alınan 30 bağımsız değişken olması nedeni ile  $K = 2^{30}$  olası model ortaya çıkmaktadır. Bu durumda BMA tam model şu şekilde yazılabilir:

$$\widehat{MAT} = \theta_0 + \theta_1(ITSEX) + \dots + \theta_{30}(BSDAGE). \quad (3)$$

Bayesyen model ortalaması uygulamasında bağımsız değişken sayısının fazla olması nedeni ile ortalaması alınacak model sınıfının belirlenmesi gibi zorluklar bulunmaktadır. Madigan ve Raftery (1994) toplam model sayısının azaltmak için Occam'ın pencere kriterini önermişlerdir. Bu yaklaşımda, önceden seçilen bir C pencere genişliği değerine dayalı olarak, bir model, diğer modelden çok daha az öngörüyorsa elenmektedir. A kümesi,  $M_k$  model için model ortalamasında dikkate alınacak modelleri göstermek üzere şu şekilde tanımlanmaktadır (Madigan ve Raftery, 1994: 1537):

$$A = \left\{ M_k : \frac{\max\{p(M_l|D)\}}{p(M_k|D)} \leq C \right\} \quad (4)$$

Burada en büyük PMP'ye sahip model  $\max\{p(M_l|D)\}$ , verilen belirli bir model  $p(M_k|D)$  ile karşılaştırılır. Hesaplanan oran seçilen C değerinden büyük ise model ortalamasına dahil edilen A model kümesinden çıkarılır (Kaplan ve Lee, 2018: 8). Böylece başlangıçtaki büyük bağımsız değişken kümesi doğru tahminler sağlayan az sayıda değişken kümesine indirgenmiş olur. Çalışmamızda, Occam'ın pencere kriterine dayalı olarak model sayısını daralttıktan sonra en iyi beş model (Model 1-5) seçilmiştir.<sup>4</sup> Matematik başarısını açıklama oranı yüksek olan değişkenlerin modelde bulunma olasılığı, BMA son dağılım ortalaması ve BMA tarafından seçilen en iyi beş regresyon modeline ait sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Notlar: n= 654 gözlem. PIP (Posterior Inclusion Probability): herhangi bir k değişkeninin modelde olma olasılığını  $p(\theta_k \neq 0|D)$  % olarak ifade etmektedir. PIP %50'den azsa k değişkeninin modelde olmasına dair kanıt olmadığını eğer bu olasılık %50-%75 arasındaysa zayıf bir kanıt olduğunu, %75-%95 arasında ise pozitif bir kanıt %95 üzerinde ise güçlü bir kanıt olduğunu ifade etmektedir. Güçlü kanıt ilgili değişkenin bağımlı değişken üzerinde anlamlı ve önemli bir etkiye sahip olduğunu ve seçilecek modelde bulunacağını ifade etmektedir (Viallefont ve ark., 2001:3218). BMA Ortalama: Bayes model ortalama son dağılım ortalamasını, BMA SD: Bayes model ortalama son dağılım standart sapmasını ifade etmektedir. Bulunan en iyi beş model için,  $R^2$ , BIC: Bayes bilgi kriteri, PMP: Son model olasılığına ait sonuçlar sunulmuştur. Koyu punto ile yazılan değişkenler en iyi beş modelin tümünde bulunan değişkenleri ifade etmektedir.

Çalışmada, ele alınan 30 değişkenin yalnızca on tanesi (BSBG03, BSBG04, BSBG07, BSBG10 BSBG13A, BSBM14A, BSBM15, BSBM19A, BSBM19B ve BSBM19G) en iyi beş modelin tamamında yer almaktadır. BMA sonuçlarına göre bu değişkenlerin matematik başarısı üzerinde anlamlı ve önemli etkiye sahip olduğu görülmektedir. Tablo 2'deki bulgulara göre, en iyi model olarak en yüksek PMP değerine sahip Model 1 seçilmiştir.

En iyi model olarak seçilen Model 1'e ait sonuçlar incelendiğinde, kitap sayısı (BSBG04), bilgisayar (BSBG05A), çalışma masası (BSBG05B), kendine ait oda (BSBG05C) ve internet erişimi (BSBG05D) gibi evde eğitim kaynağı göstere değişkenleri içerisinde düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin matematik başarısını etkileyen tek faktörün kitap sayısı olduğu görülmektedir. Aynı zamanda kitap sayısının bu öğrencilerin başarı performansı üzerinde güçlü ve en fazla etkileyen (PIP=100 ve son dağılım ortalaması 24,3) değişken olduğu tespit edilmiştir. Bu önemli etki Millî Eğitim Bakanlığının, tüm öğrenciler için eşit fırsatlar sağlamak amacıyla, dezavantajlı evlerden gelen birçok öğrenciye ücretsiz okul kitapları ve Şartlı Eğitim Yardımı dahil olmak üzere destek sağlaması sonucu ortaya çıkmış olabilir (Kelly ve ark., 2020: 9).

Test dilinin evde konuşma sıklığı (BSBG03) değişkeni ile evde Türkçe konuşma sıklığı ve matematik başarısı arasında pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. 2019 yılı TIMSS raporuna göre Türkiye'de matematik dersine katılan sekizinci sınıf öğrencilerin yaklaşık olarak üçte ikisi (%77) evde test dilini "her zaman" konuştuklarını bildirmiştir (Martin ve ark., 2020). Beklenildiği gibi, akıcı konuşmalar ve sınıfta konuşulanları anlamak matematik performansı üzerinde olumlu ve önemli bir etkiye sahiptir.

Model sonuçları incelendiğinde, öğrencilerin yüksek akademik beklentisi (BSBG07) ve pozitif öğretmen beklentisi (BSBM19G) matematik başarı üzerinde önemli etkiye sahip faktörlerden biri olarak görülmektedir. Ayrıca öğrencinin matematiğe karşı olumlu tutumu (BSBM19A) matematik başarısı üzerinde pozitif etkiye sahipken, (BSBM19B) matematiğe karşı olumsuz tutumunun başarı puanı üzerinde negatif etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Hernandez ve Cortes (2012), Asya ülkeleri üzerine yaptığı çalışmada dezavantajlı öğrenciler için benzer şekilde, öğrencilerin matematiğe karşı olumlu tutumu, pozitif öğretmen beklentisi

<sup>4</sup> C pencere genişliği p değerleri için uygun olan 0.05 kesme noktasına benzer şekilde  $c=20$  olarak ayarlanmıştır (Madigan ve Raftery, 1994: 1536).

Tablo 2. Bayesyen Model Ortalama Sonuçları

Katsayılar	PIP	BMA Ortalama	BMA SD	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
<b>Sabit</b>	100	327,5534	31,22	341,9	312,6	344,3	335,8	304,4
ITSEX	5	-0,4526	2,33	-	-	-	-	-
<b>BSBG03</b>	100	13,539	3,11	14	13,5	14	14,2	13,7
<b>BSBG04</b>	100	24,837	4,31	24,3	26,3	23,9	23,9	26,1
BSBG05A	29,2	3,6655	6,47	-	-	-	-	-
BSBG05B	0,2	0,0127	0,38	-	-	-	-	-
BSBG05C	0,5	-0,0286	0,58	-	-	-	-	-
BSBG05D	1,2	0,0943	1,07	-	-	-	-	-
BSBG05E	0	0	0	-	-	-	-	-
BSBG06A	0	0	0	-	-	-	-	-
BSBG06B	55,1	4,6774	6	-	11,5	-	-	10,8
<b>BSBG07</b>	100	12,1569	2,29	12,4	12,4	11,8	11,7	12,1
<b>BSBG10</b>	100	-12,3092	2,48	-12,6	-12,6	-11,3	-11,8	-13
<b>BSBG13A</b>	100	-16,711	4,31	-16,8	-16,9	-17	-16,5	-16,4
BSBG13B	3,2	-0,1953	1,27	-	-	-	-	-
BSBG13C	40,3	-2,5669	3,28	-6,1	-	-	-5,6	-5,5
BSBG13E	0,6	0,0197	0,38	-	-	-	-	-
<b>BSBM14A</b>	75,8	-6,5546	5,02	-8,7	-8,5	-8,8	-9,1	-8,9
<b>BSBM15</b>	100	17,7851	3,53	17,3	17,5	18,2	17,6	16,8
BSBM16A	0	0	0	-	-	-	-	-
BSBM17D	1,5	-0,0949	0,95	-	-	-	-	-
<b>BSBM19A</b>	100	16,831	4,01	17,8	16,8	16,3	16,8	17,2
<b>BSBM19B</b>	100	-16,8427	2,76	-16,7	-16,6	-16,6	-17,1	-17,1
<b>BSBM19G</b>	68,5	6,6188	5,36	10,1	9,6	9,8	10,4	10,2
BSBM20C	0,1	0,0036	0,17	-	-	-	-	-
BSBM20H	2	-0,1137	0,98	-	-	-	-	-
BSBM20G	21,8	1,8036	3,84	-	-	-	-	-
BSBM26AA	64,7	-4,6581	4,07	-7	-	-7,1	-7,2	-
BSBM26BA	20,1	1,044	2,36	-	-	-	-	-
BSBM27BA	28,6	1,7557	3,14	-	-	7	6,4	-
BSDAGE	0,3	-0,0117	0,38	-	-	-	-	-
Değişken sayısı				12	11	12	13	12
$R^2$				0,489	0,483	0,489	0,494	0,488
BIC				-302,4	-302,3	-302,2	-301,8	-301,7
PMP				0,096	0,093	0,086	0,080	0,071

ve evde konuşulan test dili gibi değişkenlerin daha yüksek akademik başarı ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Bulgular ülkemizde de düşük SES'e sahip öğrencilerin başarısının benzer faktörler tarafından etkilendiğini göstermektedir.

Öğrencilerin okulda bulunmayı sevme (BSBG13A) ve (BSBG13C) okula ait hissetme değişkenlerinin matematik başarısını düşürdüğü görülmektedir. Akademik başarıyı azaltan bu bulgular bazı öğrencilerin okulları bir baskı ortamı olarak algılamaları ile ilgili olabilir (Topçu ve ark., 2016). Diğer taraftan bulgularımız, devamsızlık süresinin (BSBG10) beklendiği gibi kaçırılan derslerle ilgili olarak matematik başarısını azalttığını ortaya koymuştur. Türk okullarında öğrenci devamsızlığı ve sınıfta kalma gibi faktörlerin bazı OECD ülkelerine göre daha yaygın olduğunu ve öğrenme üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir (OECD, 2016). Bu sonuçlar, olumlu ve destekleyici bir okul ortamının düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin matematik başarısı üzerinde önemli bir faktör olduğunu göstermektedir.

Öğrencilerin fiziksel görünüşü (saç, kilo vb.) hakkında kötü şeyler söylenmesi (BSBM14A), lakap takma, söylenti yayma gibi akran zorbalığı olarak kabul edilen bu değişkenin matematik başarısı üzerinde negatif bir etkiye (-8,7) sahip olduğu görülmektedir. Öğrenciler bu tür zorbalıklara maruz kaldıklarında hem fiziksel hem de duygusal olarak etkilenebilirler ve bu durum akademik başarılarının düşmesinde önemli rol oynayabilir. Akyüz (2014), Türkiye, Singapur, ABD ve Finlandiya için matematik başarısını inceleyen çalışmasında benzer şekilde zorbalığın Türkiye'de matematik başarısını olumsuz etkilediğini tespit etmiştir.

Verilen ödev sıklığı (BSBM26AA) arttığında matematik başarısının düştüğü görülmektedir. Verilen ödev sıklığının matematik başarısı üzerindeki bu olumsuz etkisi düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin yeterli zaman ve çalışmak için sessiz bir alana (kendine ait oda vb. kaynak) erişimi olmamasından kaynaklanıyor olabilir (OECD, 2016). Ayrıca matematik dersine



kendi başına çalışırım (BSBM15) değişkeninin öğrencilerin matematik başarısını artırdığı ve başarının önemli bir belirleyicisi olduğu görülmektedir. Bu durum düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin özel ders alma imkânı olmaması ve ödev yapmadıklarının kontrol edilmemesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. OECD Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme İncelemeleri sonuçlarına göre Türkiye’de öğrencilere diğer OECD ülkelerine göre sınıf eğitim saatleri dışında sınırlı çalışma yardımı sağlandığı tespit edilmiştir. Türk öğrencilerin yarısı (%49) ödevler için ayrılmış odaları olmayan okullara giderken, çoğunluğu (%63) ev ödevlerine yardımcı personel sağlamayan okullarda eğitim görmektedir (Kitchen ve ark., 2019: 72). Bu sonuçlar düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilere sınıf eğitim saatleri dışında çalışma yardımının sağlanmasının önemli bir konu olduğunu göstermektedir.

Ebeveynlerin eğitim seviyesi ile akademik başarı arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar öğrenci başarısında babanın eğitiminin annenin eğitiminden daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir (Ermisch ve Pronzato, 2010; Topal, 2021). Bizim bulgularımız ise öğrencilerin matematik başarısında annenin eğitim seviyesinin (BSBG06A) önemli bir faktör olmadığını (PIP=0) ancak babanın eğitim seviyesinin (BSBG06B) önemli bir faktör olduğunu (PIP=55) ve matematik başarısını artırdığını göstermektedir. Öğrencilerin başarısı üzerinde yalnızca babanın eğitim durumunun etkili olması cinsiyet etkisinin varlığını göstermektedir. Ayrıca matematik başarısında cinsiyet farkının önemli olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Bielinski ve Davison, 2001; Rodriguez, 2004). Ancak bulgularımız cinsiyet farklılığının düşük SES’e sahip öğrencilerin matematik başarısında önemli bir etkiye (PIP=5) sahip olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar mevcut çalışmalardan farklı olarak düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin matematik başarısında annenin eğitim seviyesi ve cinsiyetin etkisi olmadığını göstermektedir.

Sonuçlara göre, test dilinin evde konuşma sıklığı, evdeki kitap sayısı, öğrencinin yüksek eğitim beklentisi, devamsızlık durumu, okulda bulunmayı sevmeme, zorbalığa maruz kalma, kendi başına çalışmaya ve matematiğe karşı tutum düşük SES’e sahip öğrencilerin başarısı üzerinde önemli ve anlamlı etkiye sahiptir. BMA yaklaşımı aynı zamanda literatürdeki otuz değişkenden sadece on tanesinin düşük SES’e sahip öğrencilerin başarısını etkileyen önemli faktörler olduğuna ve diğerlerinin önemli olmadığına dair sonuçlar sunmuştur. Sonuçlar ayrıca değişkenlerin modele dahil olma olasılığını (PIP) sunarak bu faktörlerin bağımlı değişken üzerindeki önem dereceleri ile ilgili kanıt sağlamıştır.

## Sonuç

Çalışmada Türkiye’deki düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerinin matematik başarısını etkileyen değişkenlerin seçiminde belirsizliği dikkate alınarak bir yolu olarak Bayesyen model ortalama yaklaşımı kullanılmıştır. Bayesyen yaklaşımın küçük örneklerde iyi sonuçlar sunması ve karmaşık veri yapılarının daha esnek modellenmesini sağlaması ve böylece model belirsizliğine çözüm sunması bu çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmuştur. Tek bir en iyi model belirleyen ve parametre tahminlerini bu modele göre koşullandırılan klasik yaklaşımın aksine, Bayesyen yaklaşım incelenmekte olan tüm modellerin ortalamasının alınmasını sağlayarak model belirsizliği probleminde bir çözüm sunmuştur. Böylelikle model belirsizliğinin dikkate alınması ile bir dizi rakip modeli birleştirirken tahmin doğruluğu açısından "daha güçlü" bir model elde edilmiştir. Model belirsizliğini dikkate alan ve modelleme esnekliği sağlayan Bayesyen model ortalama yaklaşımı kullanılarak, sosyoekonomik dezavantajlı öğrencilerin başarılarını etkileyen faktörler, faktörlerin etki dereceleri belirlenmiş ve çıkarımlar yapılmıştır. Bu bağlamda çalışma hem güncel durum değerlendirmesi sunması hem de farklı bir metodoloji kullanması açısından mevcut literatüre katkı sağlamıştır.

Düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin matematik başarısını etkileyen en önemli faktörlerin, test dilinin evde konuşma sıklığı, evdeki kitap sayısı, öğrencinin yüksek eğitim beklentisi, devamsızlık durumu, okulda bulunmayı sevmeme, zorbalığa maruz kalma, kendi başına çalışmaya ve matematiğe karşı tutum olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca pozitif öğretmen beklentisi, babanın eğitim seviyesi ve verilen ev ödev sıklığı faktörlerinin de matematik başarısını etkilediğini gösteren kanıtlar bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre, Türkiye’de düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin matematik başarısızlığının okula ve matematik dersine karşı olumsuz tutumlar, zorbalığa maruz kalma ve artan ödev sıklığı ile yakından ilişkili olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrenciler okul içinde ve okul dışındaki eşitsizlik unsurlarından etkilendiği görülmektedir. Zorbalığın akademik başarı üzerindeki olumsuz etkisi ile ilgili olarak eğitim yöneticilerinin bu konuyu dikkate alması, öğrencilerin ve velilerin bilinçlendirmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir. Düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrencilerin akademik başarısı için eğitim saatleri dışında çalışma yardımlarının artırılması önemli bir konu olarak görülmektedir. Kapsayıcı, eşitlikçi ve herkes için yaşam boyu öğrenmeyi teşvik eden sürdürülebilir kalkınma eğitim hedefleri (SDG4) kapsamında yardım ve bursların sosyoekonomik dezavantaja sahip öğrencileri hedef alması beklenmektedir. Bu bağlamda çalışmadan elde edilen sonuçların benzer sosyoekonomik yapı, benzer eğitim sistemi ve benzer düşük sosyoekonomik statüye sahip öğrenci oranlarına sahip ülkeler için kapsayıcı olacağı düşünülmektedir.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkısı:** Çalışma Konsepti/Tasarımı: E.Ç.A., D.T.; Veri Toplama: E.Ç.A., D.T.; Veri Analizi /Yorumlama: E.Ç.A., D.T.; Yazı Taslağı: E.Ç.A., D.T.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: E.Ç.A., D.T.; Son Onay ve Sorumluluk: E.Ç.A., D.T.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer Review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Conception/Design of study: E.Ç.A., D.T.; Data Acquisition: E.Ç.A., D.T.; Data Analysis/Interpretation: E.Ç.A., D.T.; Drafting Manuscript: E.Ç.A., D.T.; Critical Revision of Manuscript: E.Ç.A., D.T.; Final Approval and Accountability: E.Ç.A., D.T.

**Conflict of Interest:** The authors have no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The authors declared that this study has received no financial support.

#### ORCID:

Derya Topdağ 0000-0002-2644-5054

Ebru Çağlayan Akay 0000-0002-9998-5334

#### KAYNAKLAR / REFERENCES

- APA. (2017). *Education and Socioeconomic Status*. <https://www.apa.org/pi/ses/resources/publications/education>
- Agasisti, T., Avvisati, F., Borgonovi, F., & Longobardi, S. (2021). What school factors are associated with the success of socio-economically disadvantaged students? An empirical investigation using PISA data. *Social Indicators Research*, 157, 749-781. <https://doi.org/10.1007/s11205-021-02668-w>
- Akyüz G. (2014). The effects of student and school factors on mathematics achievement in TIMSS 2011. *Education and Science*, 39(172), 150-162
- Broer, M., Bai, Y., & Fonseca, F. (2019). Methodology: Constructing a socioeconomic index for TIMSS trend analyses. In S.Hegarty & L. Rutkowski (Eds.), *Socioeconomic Inequality and Educational Outcomes*. IEA Research for Education, Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11991-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11991-1_3)
- Bielinski, J., & Davison, M. L. (2001). A sex difference by item difficulty interaction in multiple-choice mathematics items administered to national probability samples. *Journal of Educational Measurement*, 38, 51-77.
- Coleman, J.S., Campbell, E.Q., Hobson, C.J., McPartland, J., Mood, A.M., Weinfeld, F.D. & York, R.L. (1966). *Equality of educational opportunity*. Washington, DC: US Government Printing Office.
- Erberber, E., Stephens, M., Mamedova, S., Ferguson, S., & Kroeger, T. (2015). Socioeconomically disadvantaged students who are academically successful: Examining academic resilience cross-nationally. *IEA's Policy Brief Series*, No.5.
- Ermisch, J., & Pronzato, C. (2010). Causal effects of parents' education on children's education. *ISER Working Paper Series*, (No. 2010-16).
- Fındık, L. Y., ve Kavak, Y. (2013). Türkiye'deki sosyoekonomik açıdan dezavantajlı öğrencilerin PISA 2009 başarılarının değerlendirilmesi. *Educational Administration: Theory and Practice*, 19(2), 249-273.
- Hernandez, A. S., & Cortes, D. (2012, January). Factors and conditions that promote academic resilience: A cross-country perspective. *Conference: International Congress for School Effectiveness Improvement (ICSEI)*. Malmö, Sweden.
- Hernandez, A., & Białowski, P. (2016). Factors and conditions promoting academic resilience: a TIMSS-based analysis of five Asian education systems. *Asia Pacific Education Review*, 17(3), 511-520.
- Hoeting, J. A., Madigan, D., Raftery, A. E., & Volinsky, C. T. (1999). Bayesian model averaging: A tutorial. *Statistical science*, 14(4), 382-417.
- Hoeting, J. A., Raftery, A. E., & Madigan, D. (2002). Bayesian variable and transformation selection in linear regression. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 11(3), 485-507.
- Kaplan, D., & Lee, C. (2018). Optimizing prediction using Bayesian model averaging: Examples using large-scale educational assessments. *Evaluation review*, 42(4), 423-457.
- Kalender, İ. (2015). An Analysis of the Profile of Resilient Students based on PISA 2012. *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, 6(1), 158-172. <https://doi.org/10.21031/epod.16925>
- Kelly, D.L., Centurino, V.A.S., Martin, M.O., & Mullis, I.V.S. (Eds.). (2020). *TIMSS 2019 Encyclopedia: Education Policy and Curriculum in Mathematics and Science*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/encyclopedia/>
- Kitchen, H., Bethell G., Fordham E., Henderson K. & Li R. (2019). *OECD reviews of evaluation and assessment in education: Student assessment in Turkey*, OECD Reviews of Evaluation and Assessment in Education, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5edc0abe-en>

- König, C., & van de Schoot, R. (2018). Bayesian statistics in educational research: a look at the current state of affairs. *Educational Review*, 70(4), 486-509.
- Leamer, E. E. (1978). *Specification Searches*. New York, Wiley.
- Madigan, D., & Raftery, A. E. (1994). Model selection and accounting for model uncertainty in graphical models using Occam's window. *Journal of the American Statistical Association*, 89(428), 1535-1546.
- Martin, M. O., Von Davier, M., & Mullis, I. V. (Eds.). (2020). *Methods and procedures: TIMSS 2019 technical report*. <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/methods/pdf/TIMSS-2019-MP-Technical-Report.pdf>
- OECD (2010). *PISA 2009 results: Overcoming social background: Equity in learning opportunities and outcomes (Volume II)*. OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264091504-en>
- OECD (2011). *Against the odds: Disadvantaged students who succeed in school*, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264090873-en>
- OECD (2016). *PISA 2015 results (Volume II): Policies and practices for successful schools*, PISA, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264267510-en>
- OECD (2019). *PISA 2018 results (Volume II): Where all students can succeed*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b5fd1b8f-en>
- Önder, E. & Uyar, Ş. (2018). Factors affecting the academic achievement in socioeconomically disadvantaged students. *Pege Journal of Education and Instruction*, 8(2), 253-280, <http://dx.doi.org/10.14527/pegegog.2018.011>
- Raftery, A. E. (1995). Bayesian model selection in social research. *Sociological methodology*, 111-163.
- Raftery, A. E., Madigan, D., & Hoeting, J. A. (1997). Bayesian model averaging for linear regression models. *Journal of the American Statistical Association*, 92(437), 179-191.
- Raftery, A. E. (1998). *Bayes factors and BIC: Comment on Weakliem* (No. 347). Tech. Rep.
- Raftery, A., Hoeting, J., Volinsky, C., Painter, I., Yeung, K. Y., Sevcikova, M. H., & Suggests, M. A. S. S. (2015). *Package BMA*. Tech. Rep.
- Rodriguez, M. C. (2004). The Role of classroom assessment in student performance on TIMSS. *Applied Measurement in Education*, 17 (1), 1-24.
- Sandoval-Hernández, A., & Białowolski, P. (2016). Factors and conditions promoting academic resilience: a TIMSS-based analysis of five Asian education systems. *Asia Pacific Education Review*, 17(3), 511-520.
- Schmidt, W. H., Burroughs, N. A., Zoido, P., & Houang, R. T. (2015). The role of schooling in perpetuating educational inequality: An international perspective. *Educational researcher*, 44(7), 371-386. <https://doi.org/10.3102/0013189X15603982>
- Sirin, S. R. (2005). Socioeconomic status and academic achievement: A meta-analytic review of research. *Review of educational research*, 75(3), 417-453.
- TIMSS (2020). *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results/>
- Topal, H. (2021). Variable selection via the adaptive elastic net: mathematics success of the students in Singapore and Turkey. *Journal of Applied Microeconometrics*, 1(1), 41-55.
- Topçu, M.S., Erbilgin, E. & Arıkan, S. (2016). Factors predicting Turkish and Korean students' science and mathematics achievement in TIMSS 2011. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(7), 1711-1737.
- UNDP (2019). *Human Development Report 2019: Beyond income, beyond averages, beyond today: Inequalities in human development in the 21st century*. New York. <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2019>
- Viallefont, V., Raftery, A. E., & Richardson, S. (2001). Variable selection and Bayesian model averaging in case-control studies. *Statistics in Medicine*, 20(21), 3215-3230.
- Zeugner, S., & Feldkircher, M. (2015). Bayesian model averaging employing fixed and flexible priors: The BMS package for R. *Journal of Statistical Software*, 68, 1-37.
- Wang, M. C., Haertel, G. D., & Walberg, H. J. (1998). *Educational Resilience. Fastback 43*. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-71799-9\\_155](https://doi.org/10.1007/978-0-387-71799-9_155)
- Willms, J. & L. Tramonte (2015). *Towards the development of contextual questionnaires for the PISA for development study*. OECD Education Working Papers, No. 118, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/5js1kv8crsjf-en>

#### Atıf Biçimi / How cite this article

Topdağ, D., & Çağlayan Akay, E. (2024). The bayesian model averaging (BMA) approach for determining the factors affecting the achievement of students with low socioeconomic status. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 1–11. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1254248>

# The Impact of Sectoral Investment on Economic Growth: Evidence from Algeria using Static Panel Data Models

Kamel Mahali<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>(Assoc. Prof.), Ferhat Abbas University Setif, Faculty of Economics and management, Department of Economics, Setif, Algeria.

## ABSTRACT

This study aims to measure the impact of sectoral investment on economic growth in Algeria through an econometric model including a panel of eight key sectors over a 25-year period from 1996 to 2020. The study uses static panel data models based on several economic variables, where the dependent variable is Gross Domestic Product (GDP) and the independent variables are Gross Fixed Capital Formation (GFCF) and Compensation of Employees (COE). The results indicate that the fixed effects model is the appropriate model; i.e., the investment in the different sectors does not have the same impact on economic growth in Algeria. After examining the validity of the fixed effects model, it was found that it suffers from cross-sectional dependence, autocorrelation, and heteroscedasticity of errors. This complication was eliminated by using fixed effects regression models with robust Driscoll and Kraay standard errors.

**Keywords:** Sectoral investment, economic growth, fixed effects model, random effects model, pooled data, Algeria

## Introduction

All countries seek to achieve economic growth and stimulate it by supporting the factors that influence it. Investment is one such factor that positively influences growth and contributes significantly to the wheel of development and economic progress.

Perhaps the most striking feature of developing countries' economies is the lack of economic diversification and the dependence on a single sector, which leads to volatility, instability, and fluctuations on the one hand and dependence on the other. Algeria is an example, as its economy depends on the hydrocarbon sector, while neglecting the role other investment sectors can play. Sectors such as agriculture, tourism, construction, industry, and services all have potential and, if invested in and promoted, can lead to economic diversification for Algeria.

However, when discussing positive economic investments, the nature and type of such investments differ. Some authors call for the support of foreign investment by preparing an adequate climate, while others call for supporting and developing domestic investment because of the negative effects that foreign direct investment can leave by crowding out domestic investment and limiting its effectiveness, alongside the high level of hegemony and its effects on host countries. Algeria is not an exception to the double effect (positive and negative) of foreign investment. Moreover, it has reoriented its policy toward domestic investment, through numerous reforms and regulatory and economic adjustments, in the face of the profound transformations that its economy has undergone.

Theoretically, investment is a crucial component of aggregate demand and significantly affects economic growth by stimulating capital accumulation and optimizing the use of available resources. Additionally, the effective deployment of resources for investment across various sectors is a fundamental driver of economic growth. In a sectoral context, the significance of investment becomes apparent in its role in efficiently allocating resources, thereby fostering productive capacities across diverse domains, ultimately heightening rates of economic growth.

Given the pivotal role of the sectoral investment, this paper discusses the issue of investment in the economic sectors that have a proportional advantage and those that contribute most to economic growth, and examines the impact of sectoral investment on economic growth in Algeria. The questions addressed are: "Does sectoral investment affect economic growth in Algeria?" and "In terms of their impact on growth, which sectors of investment should the state differentiate and prioritize?" Under these questions

**Corresponding Author:** Kamel Mahali E-mail: [kamel.mahali@univ-setif.dz](mailto:kamel.mahali@univ-setif.dz)

Submitted: 13.02.2023 • Revision Requested: 10.10.2023 • Last Revision Received: 15.10.2023 • Accepted: 30.11.2023



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

the study assumes that the relationship between investment and economic growth is nonlinear and causal in both directions; and that the investment in Algeria's different economic sectors positively impact economic growth with varying proportions.

The article is divided into five sections and several subsections. Section 2 reviews the literature; Section 3 describes the methodology and data; Section 4 presents the estimations and discussion; and Section 5 is the conclusion.

### **Literature review**

Upon reviewing the existing literature concerning the impact of sectoral investment on economic growth, studies focused on the Algerian context are lacking. Conversely, few studies have explored this aspect in other countries such as South Africa, Indonesia, India, and Saudi Arabia, and these studies adopted a sectoral approach to investigate the influence of investment on economic growth.

In spite of the scarcity of research, some key perspectives emerge regarding the nature of the impact of sectoral investment. One viewpoint asserts that sectoral investment acts as a catalyst for economic growth. This notion finds support in Abdul Khaliq and Ilan Noy (2007), under the title "Foreign Direct Investment and Economic Growth: Empirical Evidence from Sectoral Data in Indonesia." Their study, which employed a panel data model, revealed evidence of a positive influence of foreign direct investment on economic growth across various sectors.

Likewise, Daniel Francois Meyer et al. (2017) lent support to the notion of sectoral investment positively affecting economic growth. Their study, analyzing quarterly time series data from 1995 to 2016 in South Africa under a VECM model, indicated that investment in the financial sector yielded a positive short-term impact, while investment in the industrial sector had a favorable long-term impact on economic growth. In another study, Jitendra Kumar Sinha (2017) gauged the contribution of investment in major sectors to the economic growth of the Indian state of Bihar, covering 1980–2015. The estimations based on the Ordinary Least Squares (OLS) method revealed a notably positive effect of investments in the agriculture and allied sectors on economic growth compared to other sectors (industry and service).

Another perspective suggests a long-run relationship between sectoral investment and other economic variables (output and the real interest rate). This is revealed by Muhammad Javid et al. (2022). Their study investigated the determinants of short- and long-run private investment behavior in Saudi Arabia for eight non-oil sectors from 1989 to 2017 using a cointegration and equilibrium correction approach.

The consensus and common finding among these studies suggest that custom-tailored investment policies designed for specific sectors are more favorable and advantageous than adopting a uniform investment policy.

### **Aim, Methodology, and Data**

The issue of the impact of sectoral investment on economic growth is of great importance insofar as it contributes mainly to directing the state's efforts to encourage investment and fill gaps in the sectors that have a proportional advantage and those that contribute most to economic growth. To discuss this issue, the study will apply some econometric models based on panel data obtained from the National Statistics Office during 1996–2020, while in the estimation part, the Stata program is used. This article aims to estimate the impact of sectoral investment on economic growth; it is an econometric analysis of the sectoral effect.

The basic idea of the approach used in this research relies on using static models applied to panel data (estimating the three models and their variants, selecting the best one, studying the validity of the best model, and trying to improve it). Estimating the relationship between sectoral investment and economic growth from 1996 to 2020 is the principal focus of the econometric study. For this purpose, the relationship was estimated through a linear model linking the GDP, as a variable reflecting the economic growth, with the Sectoral Investment and Compensation of Employees (COE) as explanatory variables.

### **The static analysis methodology for panel models**

To measure the impact of sectoral investment on economic growth, the models applied to panel data are used. Overall, the panel data models fall into three categories, according to the number of cross-sectional units ( $N$ ) and the time ( $T$ ): "small  $N$  and large  $T$ ," "small  $T$  and large  $N$ ," and "large  $T$  and large  $N$ ." The first case (small  $N$ , large  $T$ ) follows the procedure of Zellner (1962) (the SURE procedure); the second case (small  $T$ , large  $N$ ) assumes that the independent variables are strictly exogenous; and the last case (large  $T$ , large  $N$ ) relaxes the exogeneity assumption and allows the regressors to be weakly exogenous (Pesaran, 2015).

In this study, the data consist of a large number of individuals or cross-sectional units (the investment sectors) observed over a relatively short period (25 years); the explained variable has no lags, and the independent variables are strictly exogenous. Thus, the models used are of a static nature, and they are set out in three main models:

- The pooled data model, which is the simplest panel data model where all coefficients are constant for all periods, any time effect is neglected, and the OLS method is used to estimate the model parameters; under the homogeneity assumption that characterizes the pooled model, it can be written and estimated as:

$$y_{it} = x'_{it}\beta + \mu_{it}; \quad \hat{\beta} = \frac{S_{xy}^{Total}}{S_{xx}^{Total}} \quad (1)$$

- The fixed effects model, where the aim is to know the behavior of each individual from the cross-sectional data separately by varying the constant parameter from one individual to another; “fixed effects” means that the constant term is variable for each individual in the panel and is constant over time. To estimate the parameters of the model and allow the constant term parameter to change between individuals, dummy variables are generally used up to N-1 to avoid multi-collinearity, then the OLS method is used, and the model is then called the least squares model for the dummy variables. For the rest of the variants, the within model is found in which the deviations of the observations from the arithmetic means of the panels are used, and the between model, in which the arithmetic means of the panels are used as observations of the dependent variable. As for formulating the various fixed effects models and estimating the coefficients, it is:

$$\text{Within model : } (y_{it} - \bar{y}_i) = \beta' (x_{it} - \bar{x}_i) + (\varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i); \hat{\beta} = \frac{S_{xy}^{Within}}{S_{xx}^{Within}} \quad (2)$$

$$\text{Between model : } (y_i - \bar{y}_{..}) = \beta' (x_i - \bar{x}_{..}) + (\varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_{..}); \hat{\beta} = \frac{S_{xy}^{Between}}{S_{xx}^{Between}} \quad (3)$$

$$\text{LSDV model : } y_{it} = \beta_0 + \beta_{01}D_1 + \dots + \beta_{0N}D_N + \beta' (x_{it}) + \varepsilon_{it}; \hat{\beta} = \frac{S_{xy}^{Within}}{S_{xx}^{Within}} \quad (4)$$

- The random effects model, also called the components error model, considers that the constant changes randomly, where the random effect is in both the individual and the time factor, and the appropriate estimation method is the generalized least squares method. This model assumes that the variation of the unobserved effects across units is random and uncorrelated with the exogenous variables X and that a composite error term is included, so the model formulation is:

$$y_{it} = x'_{it}\beta + \mu_i + \varepsilon_{it}; \quad (5)$$

The GLS estimators of  $\beta$  as a function of weights  $\theta$ ,  $\hat{\beta}_{Between}$  and  $\hat{\beta}_{LSDV}$  are

$$\hat{\beta}_{random\ effects} = \theta \times \hat{\beta}_{Between} + (1 - \theta) \times \hat{\beta}_{LSDV} \quad (6)$$

In panel models, there are several tests to differentiate or choose among models such as Fisher's test, LM test, and the Hausman test. Fisher's test allows comparing the fixed effects model with the pooled model, where the alternative hypotheses for this test indicate that the appropriate model is the fixed effects model; LM test enables comparing the random effects model and the pooled model, in which the alternative hypotheses for this test indicate that the appropriate model is the random effects model; and the Hausman test allows choosing between fixed effects and random effects models. As for formulating the tests:

*Fisher's test (testing the Fixed Effects):*

$$F = \frac{(\hat{u}'\hat{u} - \sum_{i=1}^N \hat{u}_i'\hat{u}_i)}{\sum_{i=1}^N \hat{u}_i'\hat{u}_i} \times \frac{(NT - N - K)}{(N - 1)} \sim F_{N-1; NT-N-K} \quad (7)$$

*LM test (testing the Random Effects):*

$$LM = \frac{NT}{2(T-1)} \left[ 1 - \frac{(\hat{u}'(I_N \otimes J_T)\hat{u})}{\hat{u}'\hat{u}} \right]^2 \sim \chi^2(1) \quad (8)$$

Hausman test (Fixed or Random Effects):

$$(\hat{\beta}_{LSDV} - \hat{\beta}_{GLS})' [VAR(\hat{\beta}_{LSDV}) - VAR(\hat{\beta}_{GLS})]^{-1} (\hat{\beta}_{LSDV} - \hat{\beta}_{GLS}) \sim \chi^2(K) \quad (9)$$

### Specification of the econometric model

This study first constructs a model assuming that investment is a direct nonlinear function of the evolution of GDP (assumption based on the Cobb–Douglas production function model). In the end, depending on the variables available, the model chosen is:  $GDP = F(GFCF, COE, \mu)$

With *Gross Domestic Product (GDP)*, *Gross Fixed Capital Formation or Gross Fixed Capital Accumulation (GFCF)*, and *Compensation of Employees (COE)*.

### Model Variables and Data Source

In this application, panel or longitudinal data is used where the cross-sectional units represent eight sectors of economic activity observed over 1996–2020; the number of observations is (8×25). For the estimation of the different models, there is the Stata program.

Regarding the variables, Table 1 provides brief definitions.

**Table 1.** Model Variables

Variable	Abb.	Nature	Brief Def.
<b>Gross Domestic Product</b>	GDP	Dependent	The value of all goods and services produced in a country during a certain period (a year). Besides, it is a good indicator to measure the wealth of a country.
<b>Gross Fixed Capital Formation</b>	GFCF	Independent	Is an accounting aggregate that measures investment, measured by the value of tangible or intangible fixed assets intended for production. Here, it is the sum by sector of activity.
<b>Compensation of Employees</b>	COE	Independent	Consists in what employers pay their employees in cash and in kind for work and tasks performed. This is also the sum per sector of activity.

The data used come from the Input–Output Tables across 1996–2020. The National Accounts Directorate of the National Statistics Office designs these tables and the Statistics Office provides them annually [ONS, 2019 & 2015].

### Estimation and Discussion

#### Pre-estimation: Preliminary Analysis

The preliminary and descriptive analysis of the variables allows us to identify trends and to describe the total dispersion, the dispersion between groups, and the dispersion within groups. Below, the preliminary analysis is carried out in two stages: the first stage concerns the chronological evolution by sector of activity; the second stage begins with some basic measures of the total dispersion, between groups and within groups (standard deviation and coefficient of variation (CV)).

Regarding the chronological evolution by sector of activity, Figure 1 shows that the GDP of the sectors of Construction, Agriculture, Forestry and Fishing does not cease increasing across 2000–2020; several reasons can justify this increase, among which the government programs of expenditure and support to growth adopted are the main ones. As for the GFCF, the graph shows an upward trend in the construction sector during 2000–2020; and fluctuations in the steel and mechanical engineering sector and in the services sector provided to institutions. The graph also shows an upward trend in the variable COE in all sectors of activity. This increase coincided with the increase in the volume of investments, which stimulated the demand for labor.

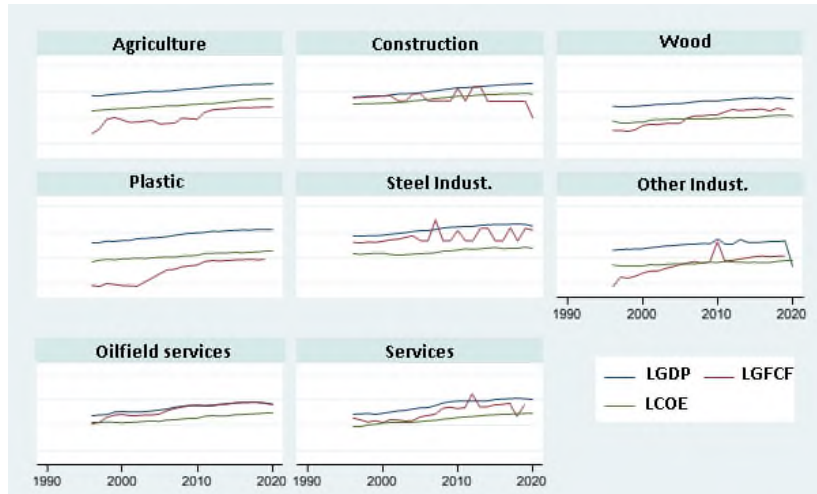


Figure 1. Representation of the different variables by sector.

On the other hand, for dispersion statistics, Table 2 shows a strong heterogeneity across sectors for the different variables. In the same sense, by partitioning the total dispersion into within-sector and between-sector dispersion, the variance estimated from the within-sector dispersion (the dispersion around the sector means) is significantly different from the variance estimated from the between-sector dispersion (the dispersion between sector means). For the values of the coefficients of variation of each variable, which is equal to the ratio of the standard deviation to the mean, heterogeneity is higher for GFCF (investment) than for COE.

Table 2. Dispersion statistics

Variable		Standard deviation	N = n*T	Variable	Standard deviation	N = n*T	
LGDP	Total	0.5862	200	LCOE	Total	0.6191	
	Between sector	0.4956			Between sector	0.6345	
	Within sector	0.3574			Within sector	0.2511	
	CV	10.32%			CV	13.83%	
LGFCF	Total	1.4674	200				
	Between sector	1.1802					
	Within sector	0.9635					
	CV	33.86%					

For correlation between variables, Figure 2 shows a relatively strong correlation between GDP on the one hand and COE and GFCF on the other; the figure also shows a significant association between these two independent variables. As a reminder, correlations on logarithmic variables values have been calculated.

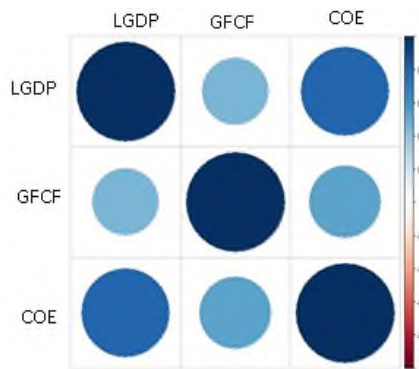


Figure 2. Correlogram of the correlation matrix.



## Estimation Results

### Initial estimation

In the following, the *Pooled* model, *FD* (First-Differenced) estimator, *Within* and *Between* estimators, LSDV (Least Squares Dummy Variable) estimator, and random effects model are used to estimate the impact of sectoral investment on economic growth.

- The “Pooled” model simply groups/stacks individuals without considering individual or temporal differences, thus imposing a homogeneity constraint on the groups. Alongside homogeneity, this model relies on the same assumptions as the multiple linear regression model: linearity, exogeneity, homoscedasticity, non-autocorrelation, and so on. Under these assumptions, OLS is the most appropriate estimation method. Estimating the parameters of the model by stacking all the data (dependent variable; independent variables) gives weak results for model quality, explanatory power and statistical significance (Table 3).

- The “*FD*” estimator deals with fixed effects, differentiates the sector-specific error, and solves the problem of omitted variables. The appropriate estimation method is the OLS. Looking at the explanatory power and statistical significance of the parameters, the estimation of the difference model (without constant) gives less efficient results (Table 3)

- The “*Within*” estimator is an intra-individual estimator that uses the variation within each sector, while the “*Between*” estimator is an inter-individual estimator that uses the individual means of the explanatory and explained variables. Looking at the estimation results using OLS (Table 3), the parameters of the “*Between*” model are not significantly different from zero and the model is not globally significant, unlike to the “*Within*” model that shows good results for significance (individual and global).

- The “LSDV” estimator consists of applying OLS to the model with sector-specific indicator variables. This fixed effects model treats the unobserved fixed effects as coefficients of the indicator variables representing the sectors. The estimation yields significant coefficients and sector-specific coefficients that are all significant. Initially, it appears that this model has better explanatory power, significance, and validity (Table 3).

- The random effects model is a component error model, where the error term is decomposed into three effects: random individual effects, time effects (identical for all individuals), and an error term independent of the effects (individual and time). In this model, the randomness of the relationship between the dependent variable and the independent variables is assumed. The estimation of this model using the GLS method gives good results for explanatory power and statistical significance (only the coefficient of the constant is significantly different from zero) (Table 3).

**Table 3.** Summary of estimation results for different static panel data models (initial estimation)

Variable	pooled	FD	FE within	BE	LSDV	RE
LGFCF	0.038		0.107***	-0.053	0.107***	0.109***
LCOE	0.709***		1.106***	0.695	1.106***	1.095***
dLGFCF		0.057***				
dLCOE		0.467***				
isector						
2					-0.691***	
3					0.293***	
4					0.643***	
5					0.434***	
6					0.459***	
7					-0.431***	
8					-0.103**	
_cons	2.337***	-	0.233	2.808*	0.181	0.306
R <sup>2</sup>	0.658	0.228	0.904	0.495	0.967	0.660
F	182.19	27.18	892.21	4.42	608.56	
Prob F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0784	0.0000	
Chi <sup>2</sup>						1735.7
Prob chi <sup>2</sup>						0.0000

\* p < 0.10; \*\* p < 0.05; \*\*\* p < 0.01

### Comparison of models and selection of the best one

After estimating the different models comes performing statistical tests to select the best and most appropriate model for the study data. Diagnosis was performed in several steps, first comparing the “pooled” model with the fixed effects model using Fisher’s test, then comparing the “pooled” model with the random effects model applying the Breusch–Pagan LM test, and finally comparing the fixed effects model with the random effects model using the Hausman test. Table 4 presents the results.

**Table 4.** Summary of Comparison Test Results

Test		Test value	Prob.
<i>Pooled vs. fixed effects</i>	<i>Fisher test</i>	247.49	0.000
<i>Pooled vs. Random effects</i>	<i>Breusch–Pagan LM test</i>	1204.63	0.000
<i>“Fixed effects” vs. “Random effects”</i>	<i>Hausman test</i>	7.38	0.025

- **Fixed effects test:** to select the appropriate model for the data, first comes checking for unobserved effects, i.e., whether there is a difference between sectors or between periods, to see if there is a need for specific cross-sectional effects. The model is tested so that the null hypothesis indicates that there is no individual effect (the coefficients of all sectors jointly equal to zero). Here, the appropriate test for comparison between the “Pooled” model and the fixed effects model is Fisher’s test. The results in Table 4 lead to the rejection of the null hypothesis, which means that if the relevance of the Pooled model and the fixed effects model are compared, then the appropriate model is the fixed effects model, which indicates that the impact on economic growth vary across investment sectors.

- **Random effects test:** this test reveals the existence of random effects and is similar to the LM test for least squares errors. Under the null hypothesis that there is no random effect in the model, the LM statistic follows a chi-square distribution with one degree of freedom. Given the results of the tests presented above, the null hypothesis is rejected, which means that if the fit of the “Pooled” model with that of the random effects model are compared then the appropriate model for the data is the random effects model.

- **Hausman test:** after confirming the inadequacy of the “Pooled” model, next is finding the most appropriate model: the fixed effects model or the random effects model. The basis of the Hausman test is the significance of the difference between fixed and random effects, the null hypothesis assumes the absence of correlation between fixed and random effects, then the estimators of fixed and random effects are consistent, but the ability of random effects is the most effective. However, under the alternative hypothesis that there is a correlation, the ability of fixed effects is only consistent and the most effective. This test shows that there is a correlation between the sector effects and the explanatory variables, indicating the acceptance of the fixed effects model as an appropriate model with a probability of 0.025 (see Table 4).

### Validity of the appropriate model

After determining the appropriate model comes examining whether it exhibits the three common econometric issues of cross-sectional dependence, autocorrelation, and error heteroskedasticity. The results in Table 5 summarize the findings from three key tests: the Pesaran CD test for cross-sectional dependence, the Wooldridge test for autocorrelation, and the likelihood ratio test for error heteroskedasticity.

**Table 5.** Summary of the Cross-sectional dependence, autocorrelation and error heteroskedasticity tests

Problem	Test	Test value	Prob.
<b>Cross-sectional dependence</b>	<i>Pesaran CD test</i>	2.863	0.0042
<b>Autocorrelation</b>	<i>Wooldridge test</i>	6.378	0.0395
<b>Heteroskedasticity</b>	<i>Modified Wald test</i>	51.07	0.0000

Cross-sectional dependence arises when the sectors in the dataset are not independently drawn observations but instead influence each other. This is due to the interconnected nature of investment sectors. DeHoyos and Sarafidis (2006) note that the impact of cross-sectional dependence on estimation depends on the strength and nature of correlations among different units. Generally, standard fixed effects estimators are consistent but not particularly efficient, and their estimated standard errors tend to exhibit bias. To test cross-sectional dependence, the study employs the Pesaran CD test, which is based on a scaled average of pairwise correlation coefficients. The null hypothesis assumes cross-sectional independence, implying no association among the cross-sectional units, while the alternative hypothesis suggests the presence of cross-sectional dependence. Table 5 indicates that the CD test rejects the null hypothesis of no cross-sectional dependence.

Autocorrelation leads to standard deviation bias and results in less efficient outcomes. The Wooldridge test detects error autocorrelation in the fixed effects model, under the assumption that error term values within each sector are independent, meaning

there is no cross-sectional autocorrelation in the error term. The test results in the table 5 reveal that the fixed effects model indeed suffers from error autocorrelation.

Regarding the assumption of homoscedasticity, the modified Wald test is employed for group heteroskedasticity within the fixed effects regression model. The null hypothesis indicates that the residuals exhibit homoskedasticity by group. An advantage of this test is its compatibility with unbalanced panels and its ability to work even when the normality assumption is violated. The previous table (table 5) shows that the likelihood ratio test's probability value is less than 5%, indicating that the hypothesis of homoskedasticity can be rejected.

Given these issues of serial correlation, cross-sectional dependence, and heteroskedasticity, we use fixed effects regression models with robust Driscoll and Kraay standard errors, as recommended by Hoechle (2007).

### Analysis of the results of the robust fixed effects model

This approach, as outlined by Hoechle (2007), produces Driscoll–Kraay standard errors, offering robustness against heteroskedasticity, autocorrelation, and cross-sectional dependence. Through the re-estimation of the fixed effects model using Hoechle's (2007) procedure provides updated results (Table 6).

**Table 6.** Summary of estimation results for the fixed effects model using Hoechle's (2007) procedure (FE Regression with Driscoll–Kraay standard errors)

		N	=	189
		isector	=	8
		maximum lag	=	4
		F(2,7)	=	1024.77
		Prob F	=	0.0000
		within R-squared	=	0.9088
LGDP	Coef.	Drisc/Kraay Std. Err.	t	Prob.
LGFCF	0.10657	0.02546	4.19	0.004
LCOE	1.10595	0.02590	42.70	0.000
cons	0.23245	0.15524	1.50	0.178

Table 6 unequivocally reveal significant statistical findings. When considering student's values and their associated probabilities, it becomes evident that the model's parameters are substantially different from zero. Moreover, the model demonstrates statistical significance based on Fisher's value and its associated probability. Notably, the independent variables exhibit a remarkable ability to explain the variations in the dependent variable, exceeding 90% (with a within R-squared value of 90.88

Economically, the estimated model uncovers a positive relationship between the GDP of various sectors, representing sectoral economic growth, and the GFCF within those sectors (indicating sectoral investment). The results also confirm positive elasticities for both capital and labor, underscoring the underutilization of the labor factor (COE) and emphasizing the government's interest in stimulating labor demand. Concerning investment, the estimate suggests that it contributes to approximately 11% of GDP growth, recognizing this contribution as a collective measure across sectors. However, when comparing the impact, significance, and weight among sectors, differences emerge. These disparities are attributable to the government's reliance on specific investment sectors at the expense of others. Furthermore, the absence of improvements in the business climate and the lack of economic diversification have contributed to limited investment in certain sectors with a competitive advantage. Additionally, the low competitiveness of some investment sectors has amplified opportunities for foreign investment compared to domestic investment.

### Conclusion

The econometric modeling carried out here consists of applying static models to panel data from eight economic sectors, with GDP as the dependent variable and GFCF and COE as the independent variables. At the end of this modeling work, we came up with the following results:

The GFCF positively and significantly affects GDP, with an effect that varies across sectors; this result is almost correct in all models. The model choice tests also indicated that the best static model appropriate for this study is the fixed effects model, meaning that the investment sectors do not have the same impact on economic growth. The results of the study also confirmed that the best model is not free from cross-sectional dependence and serial correlation and that there is a heteroscedasticity problem, and to deal with this complication, the fixed effects models using Hoechle's (2007) procedure was re-estimated. Finally, the final

fixed effects model (the optimal model) is quite significant, and the independent variables (GFCF and COE) explain GDP well, so there is a positive impact.

Applying these findings to Algeria reveals several important implications for the country's economic landscape. First, the positive sign of the elasticities for both capital and labor, with a notable emphasis on labor (an elasticity of 0.11 compared to 1.11 for capital), underscores the underutilization of the labor factor. This presents a clear opportunity for the Algerian government to stimulate labor demand, potentially by reinvigorating employment agencies and implementing policies that encourage job creation.

Regarding investment, the recognition of an overall sectoral participation of 11% in GDP growth is significant, but it is important to delve deeper and analyze the variations among sectors. These differences are influenced by the government's reliance on specific investment sectors, often at the expense of others. To foster economic development and address disparities, policymakers need to diversify investment strategies and promote a more balanced approach to sectoral development.

The identified disparities among investment sectors also stem from broader economic challenges. The need to improve the business climate and diversify the Algerian economy is evident. Enhancing the ease of doing business, promoting entrepreneurship, and removing barriers to investment can facilitate the growth of sectors with competitive advantages. These measures can further harness the potential of domestic investment, thereby reducing the prominence of foreign investment.

Addressing these challenges represents an opportunity for Algerian policymakers to create a more conducive investment climate that stimulates sustainable growth and unlocks the full potential of underutilized sectors. This underscores the importance in Algeria of strategic economic planning and comprehensive policy measures aimed at enhancing competitiveness and achieving balanced economic development.

**Peer Review:** Externally peer-reviewed.

**Conflict of Interest:** The author has no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The author declared that this study has received no financial support.

**Acknowledgements:** The author is grateful to two anonymous reviewers for their constructive comments and suggestions that helped to improve this article.

#### ORCID:

Kamel Mahali 0000-0002-1075-3343

#### REFERENCES

- Buckley, P., Wang, C., & Cross, A. (2002). FDI, regional differences and economic growth : panel data evidence from China. *Transnational Corporations*, 11(1), 1-28.
- Das, P. (2019). *Econometrics in Theory and Practice: Analysis of Cross Section, Time Series and Panel Data with Stata 15.1*. Springer Nature Singapore Pte Ltd. doi:<https://doi.org/10.1007/978-981-32-9019-8>
- De Hoyos, R., & Sarafidis, V. (2006). Testing for cross-sectional dependence in panel-data models. *The Stata Journal*, 6(4), 482–496.
- Hoechle, D. (2007). Robust standard errors for panel regressions with cross-sectional dependence. *The Stata Journal*, 7(3), 281-312.
- Javid, M., Hasanov, F., Bollino, C., & Galeotti, M. (2022). Sectoral investment analysis for Saudi Arabia. *Applied Economics*, 54(38), 4486–4500. doi:10.1080/00036846.2022.2030856
- Khaliq, A., & Noy's, I. (2007). Foreign Direct Investment and Economic Growth: Empirical Evidence from Sectoral Data in Indonesia. *Working Papers 200726*.
- Meyer, D., Manete, T., & Muzindutsi, P. (2017). The Impact of Government Expenditure and Sectoral Investment on Economic Growth in South Africa. *Journal Of Advanced Research In Law And Economics*, 8(6), 1842-1853.
- ONS. (2015). Les Tableaux des Entrees- Sorties : 2000 à 2014. N° 727. Alger: ONS, Direction Technique chargée de la comptabilité nationale. Retrieved from [https://www.ons.dz/IMG/pdf/TES\\_00-14.pdf](https://www.ons.dz/IMG/pdf/TES_00-14.pdf)
- ONS. (2019). Les Tableaux des Entrees- Sorties : 2015 à 2018. N°954. Alger: ONS, Direction Technique chargée de la comptabilité nationale. Retrieved from <https://www.ons.dz/IMG/pdf/e.tes2015-2018.pdf>
- Pesaran, H. (2015). *Time Series and Panel Data Econometrics*. United Kingdom: Oxford University Press.
- Sinha, J. (2017). Contribution of Investment in Economic Growth of Major Sectors: With Focus on Agriculture and Allied Sector in Bihar. *Statistical Journal of the IAOS*, 33(2), 557-564.

**How cite this article**

Mahali, K. (2024). The impact of sectoral investment on economic growth: Evidence from Algeria using static panel data models. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 12–21. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1249645>

# Interaction Between Stock Exchange And Interest Rate in Turkey: A Hidden Cointegration and Asymmetric Causality Analysis

Onur Şeyranlıoğlu<sup>1</sup> , Çağlar Sözen<sup>2</sup> , Ferhat İspiroğlu<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>(Assist. Prof.), Giresun University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration, Giresun, Türkiye

<sup>2</sup>(Assist. Prof.), Giresun University, Görele School of Applied Sciences, Department of Finance and Banking, Giresun, Türkiye

<sup>3</sup>(Assist. Prof.), Giresun University, Görele School of Applied Sciences, Department of Logistics Management, Giresun, Türkiye

## ABSTRACT

This study reveals the relationship between stock markets and interest rates. In this study, the Borsa Istanbul-100 Index (BIST-100) is used to represent the stock market, and the Turkish Lira Overnight Reference Rate (TLREF) is used to represent the interest rate. To investigate the relationship between the series, daily data between 28.12.2018- 20.10.2022 are discussed. In the analysis, the traditional co-integration tests of Engle and Granger (1987) and Johansen (1988) were used to determine the long-term relationships between the series. A long-term relationship could not be detected using the traditional co-integration test. Therefore, Granger and Yoon (2002) and Hatemi and Irandoust (2012) conducted hidden co-integration tests. The series is decomposed into positive and negative components to apply the hidden co-integration analysis. As a result of the Granger and Yoon (2002) test, a long-term relationship could not be determined between the series; As a result of the Hatemi and Irandoust (2012) test, it was observed that the cumulative positive shocks of the BIST-100 series and the positive and negative cumulative shocks of the TLREF series were associated in the long term. Hatemi-J (2012) investigated the causality relations between the series decomposed into positive and negative shocks with asymmetric causality analysis.

**Keywords:** BIST-100, TLREF, Hidden Co-integration Test, Asymmetric Causality Test, Unit Root Test.

**JEL classification Codes :** C51, C55, C58.

## 1. Introduction

Macroeconomic variables are statistical indicators that reflect the general economic situation of a country over a certain period (Roger, 1998). Today, a wide range of macroeconomic variables are regularly published to indicate various trends in both the private and public spheres (Pilinkus and Boguslauskas, 2009). Movements of changes in macroeconomic indicators impact financial markets in particular. In this context, academic and business circles have been discussing the extent to which macroeconomic variables affect financial markets for years. In particular, stock exchanges provide long-term capital for sectors that need financing through the issuance of company shares, and this situation supports economic growth (Onasanya and Ayoola, 2012).

One of the basic principles of finance theory is that the value of stocks is equal to this value of expected future cash flows. Since companies pay dividends out of earnings related to real economic activity, stock prices should reflect current and expected future real economic activity. Macroeconomic theory also requires that there should be a strong relationship between stock prices and macroeconomic policies because macroeconomic policies and expected future economic activity are strongly related (Lee, 1997). The relationship between macroeconomic variables and stock returns can also be interpreted in terms of market efficiency. The efficiency of the stock market depends on the speed and accuracy with which information is incorporated into stock prices. The speed at which information flow and accuracy are incorporated into stock prices is important for stock market efficiency. Well-functioning stock markets are closely related to information efficiency. Fama (1970) categorises information into three levels: weak, semi-strong, and strong in terms of the speed and efficiency of security participation. In an efficient stock market, information and developments regarding macroeconomic activities are rapidly integrated. On the other hand, in the absence of information efficiency, an environment may arise where market participants can earn above-average returns by developing a profitable trading rule (Barbic and Jurkic, 2011). If the stock market is information efficient with respect to macroeconomic policies, stock prices should quickly incorporate changes in macroeconomic policies when this information becomes publicly available. Past information

**Corresponding Author:** Çağlar Sözen E-mail: caglar.sozen@giresun.edu.tr

Submitted: 07.03.2023 • Revision Requested: 18.04.2024 • Last Revision Received: 03.05.2024 • Accepted: 20.05.2024



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

on these policies cannot be used to explain current fluctuations in stock prices in an efficient market because this information is already incorporated into past prices. On the other hand, in an informationally inefficient market, past information on these policies is useful in explaining current movements in stock prices because there is a lag in the adjustment of stock prices to new information (Lee, 1997).

The stock market and interest rates are among the important indicators that provide information about a country's economy. The interest rate affects many variables in a country's economy, both at the macro and micro levels. It has important effects in many areas such as interest rates, monetary policy, risk management, financial policies, stock market, and securities valuation (Alam and Uddin, 2009). The level of interest rates is probably the most important macroeconomic factor to consider in investment analysis. Interest rate estimations directly affect return expectations in fixed-income markets (Bodie et al., 2018). In general terms, different approaches in the literature examine the relationship among interest rates, macroeconomic variables, and stock market indexes. The semi-strong efficient market hypothesis of Fama (1970) and the arbitrage pricing theories of Ross (1976) are among the pioneering studies on this subject. Fama (1970) defines an efficient market as "a market where prices always reflect all available information". According to the semi-strong form of the efficient market hypothesis, since macroeconomic factors are fully reflected in the stock price, it can be used to investigate the negative or positive relationship between stock returns and macroeconomic variables. Ross (1976), on the other hand, proposes a multi-factor approach to explain asset pricing through the arbitrage pricing theory. Arbitrage pricing theory states that stock returns are not only dependent on their own internal dynamics but also closely interact with national and international macroeconomic dynamics (Roll and Ross, 1995). For example, unexpected movements in the term structure of interest rates, unexpected changes in risk premiums, fluctuations in exchange rates, and changes in inflation and industrial production. Many macroeconomic variables have effects on stock returns. All macroeconomic variables that affect cash flows and the expected rate of return of companies indirectly affect stock prices and may create pressure on stock prices. Especially in an environment with high interest rates, investors may turn to fixed-income investment instruments with lower risk, such as bonds instead of stocks (Prempeh, 2016).

Because of the inverse relationship between investments and interest rates, increases or decreases in interest rates can deeply affect the entire economy (Lin et al., 2018). There are different interest rates for different types of debt in the markets. These interest rates are shaped by conditions such as the repayment risk of the lenders, type of collateral received against the loan, purpose of use, and maturity of the borrowed funds (Bringham and Houston, 2016). Although there are many different interest types in Turkey, such as TRLIBOR (Turkish Lira interbank sales rate), policy interest, loan interest, deposit interest, and bond-bill interest, a reference interest rate calculated based on the transactions in the market does not exist until TLREF is calculated. In addition, since the use of LIBOR (London Inter-Bank Offered Rates) interest rates will cease in the world by the end of 2021, countries are working to announce national reference interest rates (Kartal, 2019). The transition process to TLREF for the post-LIBOR period has been initiated to address this deficiency. TLREF was created to establish a reference interest rate as a benchmark for various contracts involving debt instruments, financial derivatives, and other financial agreements used in short-term transactions with the Turkish Lira. The main purpose of the TLREF is to measure the TL borrowing/lending interest rate of Turkish banks under conditions where credit, liquidity, or other risks are minimal. The dates for the calculation and publication of the TLREF ratio are 28.12.2018 and 17.06.2019, respectively (Borsa Istanbul, 2022). Recently in Turkey, the level of interest rates and the debates on interest rates and investment relations has been remarkable. This research contributes to the analysis of the relationship between interest rates and stock market investments. What makes this research unique is the revealing of the hidden co-integration and asymmetric causality relationships between TLREF, which has a calculation history of approximately three years, and the BIST-100 index.

The remainder of this study is designed as follows. In the following second section, a literature review is provided. In the third section, econometric methods are explained, and in the fourth section, the dataset and empirical findings are detailed. The last section concludes presenting the results and policy recommendations.

## 2. Literature Review

Modigliani (1971) and Mishkin et al. (1977) concluded in their studies that stock prices increase when interest rates are low and that this situation has a supportive effect on investments. On the other hand, Fama and Schwert (1977) revealed a negative relationship between treasury bill interest rates and stock returns. Fama (1981) revealed that expected inflation rates negatively affect expected real activities, and stock returns should be negatively correlated with expected inflation rates, which are generally expressed in short-term interest rates. Akella and Chen (1990) investigated the interest rate sensitivity of bank stock returns and the variation in sensitivity over time under alternative econometric specifications. The periods of 1974-1979 and 1980-1984 were investigated by taking banks on the New York Stock Exchange (NYSE) as a sample. While long-term government security returns are positively related to stock returns; short-term returns show a positive relationship only in the 1980-1984 period. Lee (1992) used the Multivariate Vector Autoregressive Model (VAR) to investigate the relationships among stock returns, interest rates, real activity, and inflation in the United States between 1947 and 1987. Findings partially support Fama's (1981) hypothesis.

Mukherjee and Naka (1995) analysed the relationship between the Tokyo stock market and macroeconomic indicators using the Vector Error Correction Model (VECM). The findings determined that the Tokyo stock market was negatively correlated with loan interest rates and positively correlated with government bond interest rates. Durukan (1999) analysed the macroeconomic factors affecting ISE in the 1986-1998 period. In the research findings, it was determined that only the interest rate has statistical significance with a negative coefficient. Similarly, Zügül and Sahin (2009) found a negative relationship between the interest rate and the ISE 100 index in their research, in which they applied the linear regression method. Dritsaki- Bargiota and Dritsaki (2004) investigated long-term relationships and causality between the Greek securities market index, industrial production index, inflation, and interest rate. In the findings, one-way Granger causality from interest rates to the Greek Stock Exchange Index was determined. Leon (2008) modelled the relationship between the Korean KOSPI index and precious deposit certificates with GARCH in the 1992-1998 period and found a significant and negative relationship. Omağ (2009) examined the effects of changes in long-term interest rates, inflation, and money supply (M1) on the ISE 100 Index and Financial Index in Turkey from 1991 to 2006 using a linear regression model. Findings show that both indexes are negatively affected by interest rates. Saylgan and Süslü (2011) examined the relationship between macroeconomic factors and stock returns in developing countries in the 1999-2006 period using the balanced panel data analysis method. In the findings, no statistically significant relationship was found between the interest rate and stock returns. Mukit (2013) confirmed the co-integration and negative relationship between the variables in his research, which he repeated for the Bangladesh economy between 1991 and 2012. In addition, a one-way causality relationship between interest rates and the stock market index was determined. Cetin and Bitirak (2015), within the framework of the Arbitrage Pricing Model, analysed the relationship between stocks traded in the ISE between 2000 and 2009 and macroeconomic indicators using the regression method. In the findings, it has been determined that stock returns are negatively affected by the saving deposit interest rate. Uyar et al. (2016) analysed the relationship between the benchmark interest rate and BIST indexes (BIST-100, BIST-30, BIST Financial, BIST Banking, and BIST All) between 2006 and 2015 using the quantile regression method. In the analysis findings, it has been determined that the benchmark interest rate harms all indexes. Eyüboğlu and Eyüboğlu (2018) examined the relationship between the American 10-year bond rates and emerging market stock markets (Turkey, Russia, S. Africa, Brazil, India, Poland, and Malaysia) using the Seemingly Unrelated Regression (SUR) method between 2006 and 2016. The findings indicate that there is a negative relationship between the stock market indexes of Brazil, South Africa, Malaysia, Poland, Russia, and the US 10-year bond rates. Yeşildağ (2021), the co-integration relationship between the BIST-100 index and macroeconomic indicators in the 2009-2019 period was tested using the ARDL limit test. The results of the analysis showed a co-integration between stock and gold, interest, unemployment, and money supply variables. In addition, significant long- and short-term relationships were found between share prices, interest rates, and money supply. In this relationship, interest rates affect stock prices negatively and the money supply positively. Karaca et al. (2022) analysed the relationship between the BIST-100 index and macroeconomic indicators between 2009 and 2019. The ARDL bound test was used to determine the long-term relationship, and the Toda-Yamamoto test was used for causality. In the findings, a long-term relationship was determined between the interest rate, inflation, unemployment rate, and stock market index. In addition, there is one-way causality from the stock market index to interest rates. Ulu et al. (2022) examined the relationship between the BIST-100 index and TLREF within the framework of the VAR model, Granger causality. In the findings, a two-way Granger causality relationship was determined between the series.

When examining the national and international literature on the relationship between stock returns and macroeconomic indicators, it is observed that there are numerous studies. With the aim of contributing to these studies, this research investigates the relationship between the TLREF interest rate, which was published in Turkey in 2019, and the BIST-100 stock through analyses of co-integration and asymmetric causality.

### 3. Econometric Method

In the case of a stationary composition of two series integrated at the same level, Engle and Granger and Johansen tests are frequently used in the literature to test the co-integration relationship between the two series. In traditional co-integration tests, the effect of positive and negative shocks is considered the same when examining the relationship between the series (Mert and Çağlar, 2019). Criticising this situation, Granger and Yoon stated in their research that when economic series react to shocks jointly, they will be cointegrate, but if they give different responses, there will be no such relationship. Therefore, they developed a new co-integration approach, arguing that the series can contain positive and negative shocks and that different responses can be given to these shocks. They stated that even if there is no long-term relationship between the series used in the models, there may be a co-integration relationship between different nonstationary shocks of the series.

The Granger and Yoon hidden co-integration approach is an analysis based on the Engle and Granger co-integration test. In the Engle and Granger test, a singular integration relationship is obtained. However, we can analyse more than one co-integration or equilibrium relationship vectorially by examining possible systems of equations between series. Hatemi J, Irandoust, and Johansen addressed this gap in the literature by employing a method based on the co-integration approach (Mert and Çağlar, 2019). In the general operation of the hidden co-integration approach, the series is first separated into positive and negative shocks, and then



the long-term relationships between these shocks are investigated. For the  $X_t$  and  $Y_t$  series, the hidden co-integration relationship between them will be investigated. The decomposition process starts with the assumption that these two nonstationary series have a random walk process (Granger and Yoon, 2002).

$$X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t = X_0 + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (1)$$

$$Y_t = Y_{t-1} + \eta_t = Y_0 + \sum_{i=1}^t \eta_i \quad t = 1, 2, 3 \dots, T \quad (2)$$

In equations (1) and (2),  $X_0$  and  $Y_0$  indicate the initial values.  $\varepsilon_i$  and  $\eta_i$  symbolise error terms with a zero-mean clean sequence feature.  $X_t$  and  $Y_t$  are series between which co-integration is researched. Positive and negative shocks are shown in equations (3) and (4) to investigate the co-integration relationship.

$$\varepsilon_i^+ = \max(\varepsilon_i, 0), \quad \varepsilon_i^- = \min(\varepsilon_i, 0) \quad (3)$$

$$\eta_i^+ = \max(\eta_i, 0), \quad \eta_i^- = \min(\eta_i, 0) \quad (4)$$

In addition, shocks can be expressed as  $\varepsilon_i = \varepsilon_i^+ + \varepsilon_i^-$  and  $\eta_i = \eta_i^+ + \eta_i^-$ . If the positive and negative shocks are changed in equations (1) and (2), the  $X_t$  and  $Y_t$  series can be described with equations (5) and (6).

$$X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t = X_0 + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i^+ + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i^- \quad (5)$$

$$Y_t = Y_{t-1} + \eta_t = Y_0 + \sum_{i=1}^t \eta_i^+ + \sum_{i=1}^t \eta_i^- \quad (6)$$

Eq. (7) expresses the unit shocks of the series.

$$X_t^+ = \sum_{i=1}^t \varepsilon_i^+, X_t^- = \sum_{i=1}^t \varepsilon_i^-, Y_t^+ = \sum_{i=1}^t \eta_i^+, Y_t^- = \sum_{i=1}^t \eta_i^- \quad (7)$$

Then, assuming  $X_0$  and  $Y_0$  are constant, the series  $X_t$  and  $Y_t$  are arranged as in equation (8) under the assumption that  $X_t = X_0 + X_t^+ + X_t^-$  and  $Y_t = Y_0 + Y_t^+ + Y_t^-$ .

$$\Delta X_t^+ = \varepsilon_t^+, \Delta X_t^- = \varepsilon_t^-, \Delta Y_t^+ = \eta_t^+, Y_t^- = \eta_t^- \quad (8)$$

The shocks obtained by Eq. (8) constitute the initial stage of the hidden co-integration approach. If Engle and Granger co-integration analysis is performed on the decomposed series, the Granger and Yoon approach is used. If Johansen co-integration analysis is performed on the decomposed series, the Hatemi J and Irandoust approach is used.

Hatemi J (2012) stated that investors in financial markets exhibit heterogeneous characteristics rather than a homogeneous structure. Investors do not have the same reaction to a random shock in the markets. He argues that because the effect of random shocks on the market will not be the same, shocks should be analysed by dividing them into positive and negative. He also bases his opinion on the studies of Akerlof (1970), Spence (1973), and Stiglitz (1974), who pioneered the issue of asymmetric information, which has a wide place in the literature. When determining causality relationships in a time series, it is assumed that the effect of positive and negative shocks is the same. Asymmetric causality tests, on the other hand, argue that hidden relationships may exist between apparently unrelated series and that these relationships can only be revealed by considering the asymmetry between the components. Positive and negative shocks obtained as a result of asymmetric decomposition in the Hatemi J (2012) asymmetric causality test and the Granger and Yoon (2002) hidden co-integration approach are included in the causality analysis.

$$Y_{1t} = Y_{1t-1} + \varepsilon_{1t} = Y_{1,0} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i} \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (9)$$

$$Y_{2t} = Y_{2t-1} + \varepsilon_{2t} = Y_{2,0} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i} \quad t = 1, 2, \dots, T \tag{10}$$

In equations (9) and (10),  $Y_{1t}$  and  $Y_{2t}$  series show initial values as two integrated series. The error terms  $\varepsilon_{1t}$  and  $\varepsilon_{2t}$  were determined as the clean sequences. Positive and negative shocks can be represented as  $\varepsilon_{1i}^+ = \max(\varepsilon_{1i}, 0)$ ,  $\varepsilon_{2i}^+ = \max(\varepsilon_{2i}, 0)$ ,  $\varepsilon_{1i}^- = \min(\varepsilon_{1i}, 0)$ ,  $\varepsilon_{2i}^- = \min(\varepsilon_{2i}, 0)$ . It can also be represented as  $\varepsilon_{1i} = \varepsilon_{1i}^+ + \varepsilon_{1i}^-$  and  $\varepsilon_{2i} = \varepsilon_{2i}^+ + \varepsilon_{2i}^-$ . With this information, the equations of  $Y_{1t}$  and  $Y_{2t}$  can be expressed as follows:

$$Y_{1t} = Y_{1t-1} + \varepsilon_{1t} = Y_{1,0} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^+ + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^- \tag{11}$$

$$Y_{2t} = Y_{2t-1} + \varepsilon_{2t} = Y_{2,0} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^+ + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^- \tag{12}$$

As a result, the positive and negative shocks of each series can be shown cumulatively as follows:

$$Y_{1t}^+ = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^+, Y_{1t}^- = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^-, Y_{2t}^+ = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^+, Y_{2t}^- = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^- \tag{13}$$

The next step is to determine the causality relationship between the acceptance of equation  $Y_t^+ = Y_{1t}^+ + Y_{2t}^+$  and the positive components ( $Y_{1t}^+$  and  $Y_{2t}^+$ ) and tested with the p-lag VAR (Vector Autoregression) model. Equation (14) is used for the causal relationship between positive shocks.

$$Y_t^+ = \vartheta + A_1 Y_{t-1}^+ + \dots + A_p Y_{t-p}^+ + \mu_t^+ \tag{14}$$

In equation (14),  $Y_t^+$  denotes 2x1 variable vector and  $\vartheta$  denotes 2x1 constant vector.  $\mu_t^+$  represents 2x1 error term vector. The optimal lag is determined. The hypothesis to be tested is “The k-th element of  $Y_t^+$  is not the Granger cause of the  $\omega$ -th element of  $Y_t^+$ . Similarly, the same process applies to negative shocks.

#### 4. Data Set and Findings

In this study, the relationships between stock markets and interest rates were examined. The Borsa stanbul-100 Index (BIST-100) is used to represent the stock markets and the Turkish Lira Overnight Reference Rate (TLREF) is used to represent the interest rate. There were 946 observations in the study, in which daily data were used between 28.12.2018 and 20.10.2022. In the study, long-term relationships and causality between the BIST-100 Index and TLREF were attempted to be revealed. Engle- Granger and Johansen conventional co-integration tests and Granger - Yoon and Hatemi J - Irandoust hidden co-integration tests were used to identify long-run relationships. The causality relationships between the series were investigated by Hatemi-J asymmetric causality analysis. The relevant series were provided through the Central Bank Electronic Data Distribution System. In this study, the series was used in natural logarithmic form to reduce variability in scale differences and variances. In the related research, Gaussian and R package programmes were used for analysis.

**Table 1.** Series and Shortcodes

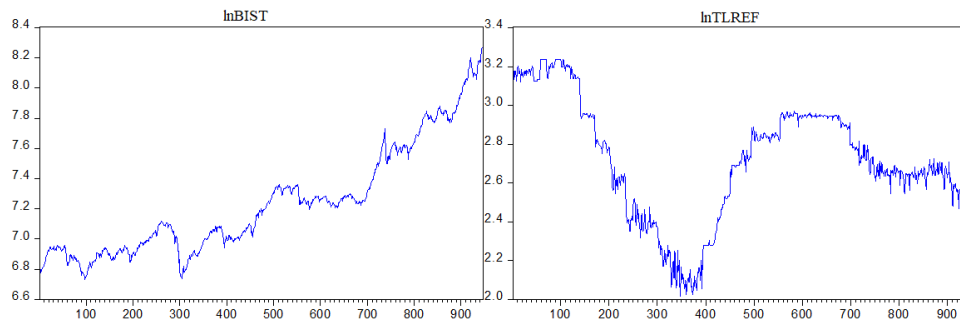
<i>Series</i>	<i>Shortcode</i>	<i>Reference</i>
BIST – 100	lnBIST	<i>Electronic Data Distribution System of the Central Bank</i>
TLREF	lnTLREF	<i>Electronic Data Distribution System of the Central Bank</i>

The descriptive statistics of the series are shown in Table 2 before entering the empirical finding process in the research. In the related table, the means, medians, maximum and minimum values, standard deviations, Jarque-Bera test statistics and probability values of the series, and the number of observations belonging to each series are given. Although the standard deviations of the series in descriptive statistics are close to each other; It is seen that the deviation from the average in the BIST-100 index is higher than TLREF. According to the probability values of the Jarque-Bera statistic, which is an indicator of the normal distribution, the probability value of both series is less than the 5% significance level, and the  $H_0$  hypothesis, which states that the series is normally distributed, was rejected and it was determined that the series did not comply with the normal distribution.

**Table 2.** Descriptive Statistics

Series	Mean	Maximum	Minimum	Median	Standard Deviation	Jarque-Bera (Prob.)	n
<i>lnBIST</i>	7.238041	8.268950	6.729529	7.188881	0.361300	123.8221 (0.0000)	946
<i>lnTLREF</i>	2.71804	3.23862	2.01490	2.70597	0.304731	22.7736 (0.0000)	946

The time path graphs of the series are given in Figure 1. When the time path graphs of the series are examined, the existence of breaks in the series draws attention. Although the BIST-100 series shows fluctuations, it is seen that it is upwards. Although there were downward breaks in the initial period of the TLREF series, it is observed that it continues its course with upward and downward fluctuations in the ongoing process.



**Figure 1.** Time Path Indicators of the Series (2018-2022)

In the next step of the research, the stationarity properties of the series were tested using Augmented Dickey Fuller (ADF) and Philips-Perron traditional unit root tests and Zivot-Andrews (ZA) structural break unit root tests. Considering the unit root test results, Engle and Granger and Johansen traditional co-integration tests were applied. Since a long-term relationship could not be determined with the help of traditional co-integration tests, the hidden co-integration relationship between the series was investigated. In this process, firstly, both series were separated into positive and negative components. The stationarity properties of the separated series were determined by ADF and PP unit root tests. Granger and Yoon and Hatemi J and Irandoust hidden co-integration tests were applied to determine the long-term relationships between the positive and negative components of the series. In the last stage, asymmetric causality relationships between the series that were decomposed into positive and negative components were tested with the Hatemi J approach.

**Table 3.** ADF and PP Unit Root Test Results

Series		ADF		PP	
		With Constant	With Constant & Trend	With Constant	With Constant & Trend
<i>lnBIST</i>	At Level	1.7458 (0.9997)	-0.4079 (0.9872)	1.4828 (0.9993)	-0.6918 (0.9726)
	At First Difference	-19.2336 (0.0000)	-19.3395 (0.0000)	-30.9640 (0.0000)	-31.0334 (0.0000)
		-1.4847 (0.5412)	-1.3501 (0.8745)	-1.5813 (0.4918)	-1.4197 (0.8549)
<i>lnTLREF</i>	At First Difference	-23.3350 (0.0000)	-23.3416 (0.0000)	-36.9906 (0.0000)	-37.0279 (0.0000)

*Notes:* Contents in parentheses ( ) indicate probabilities. In the ADF and PP unit root tests, the critical values were -3.4370 (1%), -2.8643 (5%), and -2.5683 (10%) for the fixed model; for the fixed and trend model, it is -3.9677 (1%), -3.4145 (5%) and -3.1294 (10%). The optimal delay in all tests was decided by Schwarz Information Criterion (SIC). In addition, in the PP test, the Bartlett kernel is decided for the Spectral estimation method, while the Bandwith options are used for the Newey-West method.

In time series research, it is necessary to check the stationarity properties of the series in the first phase of econometric analysis. The degree of stationarity of the series affects the progress of the research. In the ADF and PP unit root tests, two hypotheses are tested: "H<sub>0</sub>: The series is not stationary and the series contains a unit root" and "H<sub>1</sub>: The series is stationary and the series does not contain a unit root". By comparing test statistics and critical values, it can be tested whether the series contains a unit root. If the calculated test statistic is greater than the critical values, the H<sub>0</sub> null hypothesis cannot be rejected. This shows that the series contains a unit root, that is, it is not stationary. Stationarity can also be tested by looking at probability values at significance levels.

According to Table 3, at 1%, 5%, and 10% significance levels, lnBIST, and lnTLREF series contain unit roots in their level values and become stationary when the first difference is taken. To control the results of ADF and PP unit root tests, ZA unit root test results, which take into account a single break, are given in Table 4. The basic hypothesis of this test is "H<sub>0</sub>: The series has a unit root with a structural break, that is, there is no stationarity". According to Model A and Model C results, at all significance levels (1%, 5%, and 10%), the series have unit roots at the level. These results are consistent with traditional unit root tests, ADF, and PP. It is seen that the breaks found according to the ZA unit root test are not significant structural breaks.

**Table 4.** ZA Unit Root Test Results

Model	Model A		Model C	
Series	Test Statistic	Breaking Date	Test Statistic	Breaking Date
lnBIST	-2.473954	24/02/2022	-3.335952	11/06/2021
lnTLREF	-3.441433	09/09/2020	-4.388502	05/08/2020
ΔlnBIST	-19.45507	06/10/2021	-19.52481	17/12/2021
ΔlnTLREF	-20.30472	02/07/2020	-20.29423	02/07/2020

Notes: The "Δ" notation indicates the first difference of the series. Model A critical values were -5.34 (1%), -4.93 (5%), and -4.58 (10%); Critical values for Model C are -5.57 (1%), -5.08 (5%) and -4.82 (10%).

Since the series are stationary at the first difference (I(1)), Engle and Granger and Johansen co-integration tests were used to determining the long-term relationships. Table 5 shows the results of Engle and Granger co-integration test. In the model where the lnBIST series is the dependent variable, tau=1.414701 (p=1.414701>0.05) and z=2.239973 (P=0.9994>0.05) were calculated. Similarly, in the model where the lnTLREF series is the dependent variable, tau= -1.443697 (P=0.7842>0.05) and z=-3.121065 (P=0.8702). According to both models, it was determined that the null hypothesis of "no co-integration" could not be rejected and there was no long-term relationship between the series.

**Table 5.** Engle and Granger Co-integration Test Results

Null hypothesis (H <sub>0</sub> ):		The series are not cointegrated.			
Dependent Variable	Independent Variable	tau – statistic	Prob.*	z	Prob.*
lnBIST	lnTLREF	1.414701	0.9998	2.239973	0.9994
lnTLREF	lnBIST	-1.443697	0.7842	-3.121065	0.8702

Notes: \*MacKinnon (1996) p-values.

The concept and theory of co-integration were first developed by Engle and Granger. The Engle and Granger test is based on a single equation and uses the Least Squares Method (LSM). This method, although practical, is not powerful at parsing multiple cointegrated vectors. Because of these difficulties, Johansen has developed a method that calculates the estimation of the vectors that provide co-integration with the Error Correction Model (ECM) method and allows the estimation of all the different co-integration relationships that may exist between the series (Tari, 2010). In the application of Johansen co-integration test, first of all, the stationarity levels of the series should be I(1). With the help of the VAR model, the number of lags is determined and the appropriate model is selected. Trace and Maximum Eigenvalue (Max-Eigen) statistics are used to determine the number of cointegrating vectors. If the Trace and Maximum Eigenvalue (Max-Eigen) statistics are greater than the critical values, the null hypothesis of "no co-integration" is rejected. This proves that there is a co-integration relationship between the series participating in the analysis (Sevüktekin and Nargeleşkenler, 2010). In Table 6, Johansen co-integration test results of lnBIST and lnTLREF series are given. In the table, the fact that the critical values at the 5% error level are greater than the Trace and Maximum Eigenvalue (Max-Eigen) statistics (15.49471>4.74982,3.841466>0.647206,14.2646>4.102776 and 3.841466>0.647206) show that there is no co-integration between the series. As a result, according to Engle and Granger and Johansen co-integration tests, it was determined that there was no long-term relationship between the series.

**Table 6.** Johansen Co-integration Test Results

Null hypothesis (H <sub>0</sub> )	Trace Statistic	Critical Value	Prob.**
There is no co-integration	4.749982	15.49471	0.8348
There is at most one co-integration	0.647206	3.841466	0.4211
Null hypothesis (H <sub>0</sub> )	Max-Eigen Statistic	Critical Value	Prob.**
There is no co-integration	4.102776	14.26460	0.8483
There is at most one co-integration	0.647206	3.841466	0.4211

Notes: Trace test indicates no co-integration at the 0.05 level. Max-eigenvalue test indicates no co-integration at the 0.05 level. \*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values. With the VAR model, the optimal lag length was determined as 5.

At this stage of the research, the hidden co-integration relationship between BIST-100 and TLREF is investigated. For this purpose, the series were separated into positive and negative components. Positive components of  $\ln BIST^+$  and  $\ln TLREF^+$  series;  $\ln BIST^-$  and  $\ln TLREF^-$  represent the negative components of the series. The long-term relationships between these components were tested with the hidden co-integration tests of Granger-Yoon and Hatemi J-Irandoust. Before the hidden co-integration tests, unit root tests should be applied to the series that are decomposed into positive and negative components. ADF and PP unit root test results of  $\ln BIST^+$ ,  $\ln BIST^-$ ,  $\ln TLREF^+$  and  $\ln TLREF^-$  series are given in Table 7. It has been determined that the positive and negative components of the series contain unit roots at 1%, 5%, and 10% significance levels and become stationary when the first difference is taken. Since the series become stationary at the first difference (I(1)), hidden co-integration tests can be applied.

**Table 7.** Unit Root Test Results of  $\ln BIST^+$ ,  $\ln BIST^-$ ,  $\ln TLREF^+$  and  $\ln TLREF^-$

Series	ADF		PP		
	Constant	Constant & Trend	Constant	Constant & Trend	
$\ln BIST^+$	<i>At Level</i>	3.6454 (1.0000)	1.6151 (1.0000)	3.5689 (1.0000)	1.6556 (1.0000)
	<i>At First Difference</i>	-31.0159 (0.0000)	-31.4094 (0.0000)	-31.2637 (0.0000)	-31.4298 (0.0000)
$\ln BIST^-$	<i>At Level</i>	-0.1652 (0.9402)	-2.8467 (0.1809)	-0.3274 (0.9183)	-3.0083 (0.1304)
	<i>At First Difference</i>	-17.3817 (0.0000)	-17.3722 (0.0000)	-30.2220 (0.0000)	-30.2099 (0.0000)
$\ln TLREF^+$	<i>At Level</i>	1.4221 (0.9991)	-0.9230 (0.9517)	1.3873 (0.9990)	-0.9472 (0.9488)
	<i>At First Difference</i>	-30.7957 (0.0000)	-30.8566 (0.0000)	-30.8197 (0.0000)	-30.8710 (0.0000)
$\ln TLREF^-$	<i>At Level</i>	0.3753 (0.9819)	-0.6093 (0.9779)	0.2501 (0.9756)	-0.8156 (0.9627)
	<i>At First Difference</i>	-29.4337 (0.0000)	-29.4323 (0.0000)	-29.9671 (0.0000)	-29.9555 (0.0000)

*Notes:* Contents in parentheses ( ) indicate probabilities. In the ADF and PP unit root tests, the critical values were -3.4370 (1%), -2.8643 (5%), and -2.5683 (10%) for the fixed model; for the fixed and trend model, it is - 3.9677 (1%), -3.4145 (5%) and -3.1294 (10%). The optimal lag in all tests was decided by Schwarz Information Criterion (SIC). In addition, in the PP test, the Bartlett kernel is decided for the Spectral estimation method, while the Bandwith options are used for the Newey-West method.

Granger and Yoon hidden co-integration test results of the series decomposed into positive and negative components are given in Table 8. This test is based on Engle and Granger co-integration test. In the related test, the null hypothesis of "the series are not cointegrated" is tested. The fact that tau and z statistical probability values are greater than 0.05 ( $p > 0.05$ ) in all models selected as dependent and independent variables causes the null hypothesis not to be rejected. Therefore, according to the Granger and Yoon test, it has been determined that there is no hidden co-integration relationship between the series.

**Table 8.** Granger-Yoon Hidden Co-integration Test Results

Null hypothesis $H_0$		The series are not cointegrated.			
Dependent Variable	Independent Variable	tau - statistic	Prob.	z	Prob.
$\ln BIST^+$	$\ln TLREF^+$	-0.706130	0.9434	-1.536905	0.9500
$\ln BIST^+$	$\ln TLREF^-$	-0.472062	0.9645	-0.804234	0.9723
$\ln BIST^-$	$\ln TLREF^+$	-1.657260	0.6977	-4.916352	0.7388
$\ln BIST^-$	$\ln TLREF^-$	-1.283335	0.8361	-3.420811	0.8506
$\ln TLREF^+$	$\ln BIST^+$	-0.824505	0.9290	-1.799487	0.9398
$\ln TLREF^+$	$\ln BIST^-$	-1.510858	0.7591	-4.482837	0.7729
$\ln TLREF^-$	$\ln BIST^+$	-0.774836	0.9354	-1.326001	0.9573
$\ln TLREF^-$	$\ln BIST^-$	-1.208357	0.8565	-3.220664	0.8638

Hatemi J and Irandoust hidden co-integration test is based on Johansen co-integration test to investigate the long-term relationship between positive and negative components of variables. First of all, the optimal lag lengths are determined between the series with the VAR model. It was seen that the VAR models met all the stability conditions at the determined optimal lag lengths. In

Table 9, the results of the hidden co-integration test of Hatemi J and Irandoust are given. By comparing the Trace and Max-Eigen statistics with the critical values, the hidden co-integration relationship was determined. The positive components of the lnBIST series and the positive components of the lnTLREF series; A hidden co-integration relationship was found between the positive components of the lnBIST series and the negative components of the lnTLREF series. In other words, it has been observed that the cumulative positive shocks of the lnBIST series and the positive and negative cumulative shocks of the lnTLREF series have a long-term relationship.

In the study, it is seen that the results of the co-integration tests of Granger and Yoon and Hatemi J and Irandoust are different. According to the Granger and Yoon test, there is no long-term relationship between the positive and negative components of the series. According to the Hatemi J and Irandoust test, a long-term relationship was determined. Şener et al. (2013) attribute the reason for this difference to the superiority of the Johansen co-integration test over the Engle and Granger test. It has been stated that relying on the Hatemi-J-Irandoust co-integration test results based on the Johansen co-integration test will enable more accurate decisions to be made.

**Table 9.** Hatemi J-Irandoust Hidden Co-integration Test Results

The Relationship Under Study	Hypothesis	Max-Eigen Statistic	Prob.**	Trace-Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
$lnBIST^+$ $lnTLREF^+$ (1)	No co-integration*	23.45709	0.0014	24.52714	15.49471	0.0017
	There is co-integration	1.070050	0.3009	1.070050	3.841466	0.3009
$lnBIST^+$ $lnTLREF^-$ (1)	No co-integration*	14.95860	0.0388	16.21089	15.49471	0.0390
	There is co-integration	1.252297	0.2631	1.252297	3.841466	0.2631
$lnBIST^-$ $lnTLREF^+$ (3)	No co-integration*	5.105207	0.7285	5.588443	15.49471	0.7435
	There is co-integration	0.483236	0.4870	0.483236	3.841466	0.4870
$lnBIST^-$ $lnTLREF^-$ (5)	No co-integration*	2.655926	0.9670	2.722597	15.49471	0.9780
	There is co-integration	0.066671	0.7962	0.066671	3.841466	0.7962

**Notes:** \* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level. \*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values. The ( ) notation indicates the optimal lag lengths from the VAR model. It has been tested that the stability conditions of the VAR model are met at optimal lag lengths.

At the last stage of the research, causality relationships between positive and negative components of BIST-100 and TLREF series were tested with Hatemi J asymmetric causality test. Test results are shown in Table 10.

**Table 10.** Hatemi - J Asymmetric Causality Test Results

Model Number	Null hypothesis (H <sub>0</sub> )	Test Value	Bootstrap Critical Values		
			%1	%5	%10
1	$lnBIST^+ \nrightarrow lnTLREF^+$	0.671	1.7219	1.2086	0.9828
2	$lnBIST^+ \nrightarrow lnTLREF^-$	1.5033	1.7503	1.1696	1.0168
3	$lnBIST^- \nrightarrow lnTLREF^+$	6.5365	1.6306	1.2323	0.9744
4	$lnBIST^- \nrightarrow lnTLREF^-$	0.6661	1.8303	1.2469	0.9953
5	$lnTLREF^+ \nrightarrow lnBIST^+$	1.3720	1.7952	1.1930	0.9685
6	$lnTLREF^+ \nrightarrow lnBIST^-$	1.9105	1.6841	1.2152	0.9806
7	$lnTLREF^- \nrightarrow lnBIST^+$	3.9891	1.7164	1.2424	1.0291
8	$lnTLREF^- \nrightarrow lnBIST^-$	1.3688	1.5087	1.1410	0.9533

**Notes:** The notation " $\nrightarrow$ " indicates the null hypothesis of no causality. While generating critical values, the number of bootstraps is taken as 10,000. The optimal lag length was determined based on the AIC and SIC information criteria in the VAR model.

**Model 1.** The null hypothesis of no causality from the positive shocks of the BIST-100 index to the positive shocks of the TLREF ( $lnBIST^+ \nrightarrow lnTLREF^+$ ) is tested. If the test value is less than the critical values at 1%, 5%, and 10% error levels, the null hypothesis is accepted. Therefore, the null hypothesis is accepted since " $Test Value = 0.671 < Bootstrap Critical Values = 1\%: 1.7219, 5\%: 1.2086, 10\%: 0.9828$ ". It has been determined that there is no causality from the positive shocks of the BIST-100 index to the positive shocks of the TLREF.

**Model 2.** The null hypothesis of no causality from the positive shocks of the BIST-100 index to the negative shocks of the TLREF ( $\ln\text{BIST}^+ \nrightarrow \ln\text{TLREF}^-$ ) is tested. While there is no causality at the 1% error level. Causality was detected between the series indicated at 5% and 10% error levels.

**Model 3.** The null hypothesis of no causality from negative shocks of BIST-100 index to positive shocks of TLREF ( $\ln\text{BIST}^- \nrightarrow \ln\text{TLREF}^+$ ) is tested. A causal relationship was determined between the series indicated at 1%, 5%, and 10% error levels.

**Model 4.** The null hypothesis ( $\ln\text{BIST}^- \nrightarrow \ln\text{TLREF}^-$ ) that there is no causality from the negative shocks of the BIST-100 index to the negative shocks of the TLREF is tested. A causal relationship could not be determined between the series specified at the error levels of 1%, 5%, and 10%.

**Model 5.** The null hypothesis that there is no causality from the positive shocks of TLREF to the positive shocks of the BIST-100 index ( $\ln\text{TLREF}^+ \nrightarrow \ln\text{BIST}^+$ ) is tested. While there is no causality at the 1% error level. Causality was detected between the series indicated at 5% and 10% error levels.

**Model 6.** The null hypothesis of no causality from the positive shocks of TLREF to the negative shocks of the BIST-100 index ( $\ln\text{TLREF}^+ \nrightarrow \ln\text{BIST}^-$ ) is tested. A causal relationship was determined between the series indicated at 1%, 5%, and 10% error levels.

**Model 7.** The null hypothesis of no causality from the negative shocks of TLREF to the positive shocks of the BIST-100 index ( $\ln\text{TLREF}^- \nrightarrow \ln\text{BIST}^+$ ) is tested. A causal relationship was determined between the series indicated at 1%, 5%, and 10% error levels.

**Model 8.** The null hypothesis that there is no causality from the negative shocks of TLREF to the negative shocks of the BIST-100 index ( $\ln\text{TLREF}^- \nrightarrow \ln\text{BIST}^-$ ) is tested. While there is no causality at the 1% error level. Causality was detected between the series indicated at 5% and 10% error levels.

## 5. Conclusions and Recommendations

In this research, an attempt has been made to elucidate the relationship between stock markets and interest rates, which is one of the most controversial issues both in theory and in practice. The study utilizes TLREF, which has a three-year calculation history, along with BIST-100. There are 946 observations in the study covering daily data between 28.12.2018 and 20.10.2022. The stationarity of variables has been tested using ADF, PP traditional unit root tests, and ZA structural break unit root tests. Traditional Engle and Granger as well as Johansen traditional co-integration tests are employed to determine long-term relationships in the analysis. Since a long-term relationship cannot be established using traditional co-integration tests, Granger-Yoon and Hatemi J-Irandoust hidden co-integration tests are applied. To apply the hidden co-integration tests, the series are decomposed into their positive and negative components. The Granger and Yoon test results did not reveal any hidden co-integration relationship between the series. A more robust test, the Hatemi J and Irandoust test, is then applied. In these test findings, it is observed that there is a long-term relationship between the cumulative positive shocks of the BIST-100 series and the positive and negative cumulative shocks of the TLREF series. The research findings underscore the importance of using series decomposed into cumulative shocks. Although it is seen that there is no long-term co-integration relationship between the series with traditional co-integration tests, it has been revealed that there may be hidden relationships between the series. What makes this research unique is the revelation of the co-integration relationship through hidden co-integration methods.

The research indicates that many financial variables exhibit asymmetric behavior. Hidden relationships that cannot be revealed by symmetric methods become possible through established asymmetric models. In this regard, causality relationships between variables were examined using Hatemi-J asymmetric causality analysis. In the results of asymmetric causality tests, no causality relationship was observed from the positive shocks of the BIST-100 index to the positive shocks of TLREF, nor from the negative shocks of the BIST-100 index to the negative shocks of TLREF. However, there exists a one-way causality relationship from the positive shocks of TLREF to the positive shocks of the BIST-100 index and from the negative shocks of TLREF to the negative shocks of the BIST-100 index. Additionally, a two-way causality was detected from the negative shocks of the BIST-100 index to the positive shocks of TLREF and from the positive shocks of the BIST-100 index to the negative shocks of TLREF. The research findings suggest a one-way causality relationship from both the positive and negative shocks of TLREF to the positive and negative shocks of the BIST-100 index, indicating that changes in interest rates result in changes in the stock index. The impact of changes in interest rates on stock markets is consistent with theory and empirically supported by previous studies such as Dritsaki-Borgiota and Dritsaki (2004), Mukit (2013), which found one-way Granger causality results from interest rates to stock exchanges. As indicated in the research findings, changes in interest rates have the capacity to influence stock markets. High interest rates often create selling pressure in stock markets as investors may shift towards other fixed-income investments. Furthermore, an increase in interest rates can raise borrowing costs for businesses, narrowing profit margins and potentially leading to declines in stock prices.

This underscores the importance of stock investors closely monitoring changes in interest rates and adjusting their investment strategies accordingly to these changing conditions.

The existence of a causality relationship from the positive shocks of the BIST-100 index to the negative shocks of TLREF, as indicated by another asymmetric causality test result, can be interpreted as suggesting that positive changes in the stock market lead to a decrease in interest rates. On the other hand, the one-way causality relationship from the negative shocks of the BIST-100 index to the positive shocks of TLREF also implies that negative changes in the stock index have a positive effect on interest rates. Positive developments in the stock market often reduce interest rates by diminishing investors' demand for alternative investment instruments. Consequently, increases in the stock market can lead to a decrease in interest rates. Conversely, fluctuations in the stock market can influence investors' risk perception. Stocks with high return potential may increase investors' sensitivity to interest rates. Particularly in the event of a negative trend observed in the stock market, investors may turn to fixed-income securities such as bonds or treasury bills, considered safer havens, thereby causing interest rates to rise. Due to the complexity of these factors, the impact of the stock market on interest rates generally occurs in a multifaceted and dynamic manner.

The relationship between interest rates and the stock market has been extensively examined in the literature. To contribute to the literature, this research aims to determine the asymmetric relationships between variables using both hidden co-integration and asymmetric causality tests, which will provide insights into investors' portfolio management. Additionally, it is believed that the study may offer a different perspective on the relationship between interest rates and investment in Turkey, thereby contributing to a better understanding of this dynamic.



**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Conception/Design of study: Ç.S., O.Ş., F.İ.; Data Acquisition: Ç.S., O.Ş., F.İ.; Data Analysis/Interpretation: Ç.S.; Drafting Manuscript: Ç.S., O.Ş., F.İ.; Critical Revision of Manuscript: Ç.S.; Final Approval and Accountability: Ç.S., O.Ş., F.İ.

**Conflict of Interest:** The authors have no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The authors declared that this study has received no financial support.

#### ORCID:

Onur Şeyranlıoğlu 0000-0002-1105-4034  
Çağlar Sözen 0000-0002-3732-5058  
Ferhat İspiroğlu 0000-0003-4374-5988

#### REFERENCES

- Akella, S. R., & Chen, S. J. (1990). Interest rate sensitivity of bank stock returns: Specification effects and structural changes. *Journal of Financial Research*, 13(2), 147-154.
- Akerlof, G. (1970). Quarterly Journal of Economics. *Quarterly Journal of Economics*, 84, 488.
- Alam, M. D., & Uddin, G. (2009). Relationship between interest rate and stock price: empirical evidence from developed and developing countries. *International Journal of Business and Management (ISSN 1833-3850)*, 4(3), 43-51.
- Barbić, T., & Čondić-Jurkić, I. (2011). Relationship between macroeconomic fundamentals and stock market indices in selected CEE countries. *Ekonomski pregled*, 62(3-4), 113-133.
- Bodie, Z., Kane, A., ve Marcus, A. J. (2018). Yatırım Temelleri (9 b.). (S. Demir, Çev.) Nobel Akademik Yayıncılık.
- Brigham, E.F., & Houston, J.F. (2016). Finansal Yönetimin Temelleri, (Çev. Nevzat Aypek), 7.Basımdan Çeviri Ankara: Nobel yayın.
- Çetin, A. C., & Bitirak, İ. A. (2015). Türkiye'deki makro ekonomik verilerin hisse senedi getirilerini etkileme gücünün arbitraj fiyatlama modeli ile analiz. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 6(12), 1-19.
- Dritsaki-Bargiota, M., & Dritsaki, C. (2004). Macroeconomic determinants of stock price movements: an empirical investigation of the Greek stock market. In *XI International Conference. Multinational finance Society, Istanbul, July* (pp. 3-8).
- Durukan, M. B. (1999). İstanbul Menkul Kıymetler Borsasında Makroekonomik Değişkenlerin Hisse Senedi Fiyatlarına Etkisi. *İMKB dergisi*, 3(11), 19-47.
- Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276.
- Eyüboğlu, S., & Eyüboğlu, K. (2018). Amerikan 10 Yıllık Tahvil Faizleri ile Gelişmekte Olan Ülke Borsaları Arasındaki İlişkinin Test Edilmesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(31), 443-459.
- Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The journal of Finance*, 25(2), 383-417.
- Fama, E. F. (1981). Stock returns, real activity, inflation, and money. *The American economic review*, 71(4), 545-565.
- Fama, E. F., & Schwert, G. W. (1977). Asset returns and inflation. *Journal of financial economics*, 5(2), 115-146.
- Granger, C. W., & Yoon, G. (2002). Hidden cointegration. *University of California, Economics Working Paper*, No. (2002-02).
- Hatemi-J, A. (2012). Asymmetric causality tests with an application. *Empirical economics*, 43(1), 447-456.
- 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
- Johansen, S. (1988) Statistical Analysis of Cointegrating Vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 231-254.
- Karaca, S. V., Çütçü, İ., & Özkök, Y. (2022). Seçili Makroekonomik Değişkenler ile Borsa İstanbul Endeksi Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği. *Alanya Akademik Bakış*, 6 (3) , 2913-2927.
- Kartal, M. T. (2019). Türkiye'de Referans (Gösterge) Faiz Oluşturulması: Türk Lirası Gecelik Referans Faiz Oranı (TLREF) Üzerine Bir İnceleme. *Bankacılar Dergisi*, 30 (111), 14-27.
- Lee, B. S. (1992). Causal relations among stock returns, interest rates, real activity, and inflation. *The Journal of Finance*, 47(4), 1591-1603.
- Lee, U. (1997). Stock Market and Macroeconomic Policies: New Evidence from Pacific Basin Countries. *Multinational Finance Journal*, 1(4), 273-289.
- Leon, N.K. (2008). The effects of interest rates volatility on stock returns and volatility: Evidence from Korea. *Euro Journal of Finance and Economics*, 14, 285-290.
- Lin, X., Wang, C., Wang, N., & Yang, J. (2018). Investment, Tobin's, and interest rates. *Journal of Financial Economics*, 130(3), 620-640.
- Mert, M., & Çağlar, A. E. (2019). Eviews ve Gauss uygulamalı zaman serileri analizi. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Mishkin, F. S., Gordon, R. J., & Hymans, S. H. (1977). What depressed the consumer? The household balance sheet and the 1973-75 recession. *Brookings papers on economic activity*, 1977(1), 123-174.
- Modigliani, F. (1971). Monetary policy and consumption: Linkages via interest rate and wealth effects in the FMP Model. In F. Modigliani, J.


- Tobin, W. C. Dolde, P. J. Taubman, G. D. Green, D. I. Meiselman et al. (Eds.), Consumer Spending and Monetary Policy: The Linkages (pp. 9-84). Conferences Series, No. 5, Boston, MA: Federal Reserve Bank of Boston.
- Mukherjee, T. K., & Naka, A. (1995). Dynamic relations between macroeconomic variables and the Japanese stock market: an application of a vector error correction model. *Journal of financial Research*, 18(2), 223-237.
- Muktadir-Al-Mukit, D. (2013). An econometric analysis of the impact of monetary policy on stock market performance in Bangladesh. *World Review of Business Research*, 3(3), 16-29.
- Omağ, A. (2009). Türkiye’de 1991-2006 döneminde makro ekonomik değişkenlerin hisse senedi fiyatlarına etkisi. *Öneri Dergisi*, 8 (32), 283-288.
- Onasanya, O. K., & Ayoola, F. J. (2012). Does macro economic variables have effect on stock market movement in Nigeria. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 3(10), 192-202.
- Phillips P. C. B., & Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Pilinkus, D., & Boguslauskas, V. (2009). The short-run relationship between stock market prices and macroeconomic variables in Lithuania: an application of the impulse response function. *Inžinerinė ekonomika*, (5), 26-34.
- Prempeh, K. B. (2016). Macroeconomic variables and stock price volatility in Ghana. *Munich Personal RePEc Archive*, MPRA Paper No.70545, 1-11.
- Rogers, R. M. (1998). *Handbook of key economic indicators*. McGraw Hill Professional.
- Roll, R., & Ross, S. A. (1995). The Arbitrage Pricing Theory Approach To Strategic Portfolio Planning. *Financial Analysis Journal*, 51(1), 122-131.
- Ross, S. A. (1976). The arbitrage theory of capital asset pricing. *Journal of Economic Theory*, 13, 341-360.
- Said E. Said, & Dickey, D. A. (1984). Testing for Unit Roots in Autoregressive-Moving Average Models of Unknown Order. *Biometrika*, 71(3), 599-607.
- Sayılgan, G., & Süslü, C. (2011). Makroekonomik faktörlerin hisse senedi getirilerine etkisi: Türkiye ve gelişmekte olan piyasalar üzerine bir inceleme. *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 5(1), 73-96.
- Sevüktekin, M., & Nargeleçekenler, M. (2010). *Ekonometrik zaman serileri analizi: EVIEWS uygulamalı*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Spence, A. M. (1973). Time and communication in economic and social interaction. *The Quarterly Journal of Economics*, 87(4), 651-660.
- Stiglitz, J. E. (1974). Incentives and risk sharing in sharecropping. *The Review of Economic Studies*, 41(2), 219-255.
- Şener, S., Yılcı, V., & Tıraşoğlu, M. (2013). Petrol Fiyatları İle Borsa İstanbul’un Kapanış Fiyatları Arasındaki Saklı İlişkinin Analizi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 13(26), 231-248.
- Tarı, R. (2014). *Ekonometri*, 9. Baskı, İstanbul: Umuttepe Yayınları.
- Ulu, Ç., Sönmez, Y. & Hürriyet B. (2022). BİST-100 ile TLREF üzerine bir çalışma: granger nedensellik analizi. 25. *Finans Sempozyumunda Sunulan Bildiri*, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur.
- Uyar, U., Kangallı Uyar, S. G., & Gökçe, A. (2016). Gösterge faiz oranı dalgalanmaları ve BIST endeksleri arasındaki ilişkinin eşanlı kantil regresyon ile analizi. *Ege Akademik Bakış*, 16(4), 587-598.
- Yeşildağ, E. (2021). Altın, faiz, işsizlik, para arzı ile borsa arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin araştırılması. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 19(2), 130-148.
- Zivot, E., & Donald W. K. Andrews. (1992). Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business; Economic Statistics*, 10(3), 251-270.
- Zügül, M., & Şahin, C. (2009). İMKB 100 endeksi ile bazı makroekonomik değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemeye yönelik bir uygulama. *Akademik Bakış*, 16(1), 1-16.
- <https://borsaistanbul.com/tr/>, Erişim Tarihi: 20.10.2022.

### How cite this article

Şeyranlıoğlu, O., Sözen, Ç. & İspiroğlu, F. (2024). Interaction between stock exchange and interest rate in Turkey: A hidden cointegration and asymmetric causality analysis. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 22-34. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1261338>

# Finansal Piyasalarda Etkinlik Hipotezi: OECD Ülkeleri Üzerine Bir Uygulama

## The Efficiency Hypothesis in Financial Markets: An Application over OECD Countries

Derya ÖZ<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Programcılığı, İstanbul, Türkiye

### ÖZ

Bu çalışmada finansal piyasalarda etkinlik hipotezinin geçerliliğinin test edilmesi amacıyla, geleneksel ve güncel ekonometrik yöntemler kullanılarak, OECD ülkelerine ait borsa endeks değerleri incelenmiştir. Etkinlik hipotezi, menkul kıymet fiyatlarının modellenerek tahmin edilemeyeceği şeklinde tanımlanmaktadır. Etkin piyasalarda fiyatların tahmin edilememesinin nedeni ise fiyatların rastgele yürüyüş sergilemesidir. Finansal zaman serilerinin tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde, genellikle normal dağılıma uygunluk göstermedikleri bilinmektedir. Bu durumda finansal zaman serilerinde normal dağılım varsayımına dayalı birim kök testlerinin kullanımı, hatalı sonuçlar elde edilmesine sebep olabilmektedir. Dolayısıyla çalışmanın ampirik kısmında normal dağılım varsayımına dayalı birim kök testleri ile birlikte Kalıntılarla Artırılmış En Küçük Kareler (RALS) yöntemine dayanan birim kök testleri de kullanılmıştır. Etkinlik hipotezinin test edilmesi için 19 OECD ülkesine ait borsa endeks değerleri üzerinde; LM tipi bir ve iki yapısal kırılmalı birim kök testleri ile RALS yöntemine dayalı olan RALS-LM birim kök testleri kullanılmıştır. Normal dağılım varsayımına dayanan SP ve LM testi ile RALS-LM testlerinin uygulamadaki sonuçlarına göre; SP ve LM birim kök testlerinin yardımcı regresyonlarına ait kalıntıların normal dağılım göstermediği gözlenmiştir. Dolayısıyla ele alınan finansal serilere ilişkin kalıntıların normallik varsayımını sağlamadığı gösterilmiştir. Ayrıca serilerin birim köklü bir süreç gösterip göstermediği incelendiğinde, RALS-LM birim kök testlerinde, SP ve LM birim kök testlerine göre daha çok ülke piyasa endeksi için birim kök hipotezinin reddedildiği, yani ilgili ülkelerin piyasa fiyatlarının etkin olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumda etkin olmayan piyasalarda yatırımcıların fiyatları tahmin edebilmesi bilgisi ile etkin piyasalarda fiyatların tahmin edilemeyeceği bilgisi göz önünde bulundurularak yatırım kararları alınması uygun olacaktır.

### ABSTRACT

This study examines the stock market index values of OECD countries using traditional and current econometric methods to test the validity of the efficiency hypothesis in financial markets. The efficiency hypothesis is defined as stock exchange markets' inability to be predicted through modeling. The reason why prices cannot be predicted in efficient markets is that prices exhibit random walks. When examining the descriptive statistics of financial time series, they are generally known to not conform to normal distributions. Therefore, the use of unit root tests based on the assumption of normal distribution in a financial time series may lead to incorrect results. As such, the empirical part of the study uses unit root tests based on the residual augmented least squares (RALS) method alongside unit root tests based on the assumption of normal distribution. To test the efficiency hypothesis on the stock market index values of 19 OECD countries, the study uses the Lagrange multiplier (LM) unit root tests with one and two structural breaks and RALS-LM tests, which are unit root tests based on the RALS method. According to the results from the Schmidt and Phillips (SP), LM and RALS-LM tests, the residuals from the auxiliary regressions of the SP and LM unit root tests were observed to not show normal distributions. Therefore, the residuals related to the financial series under consideration have been shown to not support the normality assumption. Additionally, when examining whether the series shows a unit-rooted process the RALS-LM unit root tests reject, the unit root hypothesis for more country market indexes than the SP and LM unit root tests. In other words, the study has determined the market prices of the relevant countries to not be efficient. In this case, making investment decisions would be appropriate by taking into account the knowledge that investors can predict prices in inefficient markets and that prices cannot be predicted in efficient markets.

Corresponding Author: Derya ÖZ E-mail: dispir9@gamil.com

Submitted: 29.04.2023 • Revision Requested: 24.07.2023 • Last Revision Received: 02.01.2024 • Accepted: 17.01.2024



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

**Anahtar Kelimeler:** birim kök testleri, RALS-LM birim kök testleri, etkinlik hipotezi, OECD Ülkeleri borsa endeksleri

**Keywords:** unit root tests, RALS-LM unit root tests, efficiency hypothesis, stock market indices of OECD Countries

### EXTENDED SUMMARY

The statistical feature that distinguishes financial time series from economic time series is that financial time series show a leptokurtic distribution. Volatility clustering and positive excess kurtosis are known to occur in leptokurtic distributions. The number of outliers in financial time series is higher than in normally distributed series. This is why, when examining the probability density function graph, the tail parts of the distribution in these series are thicker than the normal distribution. Based on the reasons for these explanations, financial series are known to not conform to a normal distribution. Therefore, the use of tests based on the assumption of normal distribution regarding analyses of series that do not have a normal distribution (e.g., financial series) will negatively affect the obtained results. As such, other methods are used in cases of normal non-dispersion that also give effective and reliable results. The normality assumption is also important in unit root analyses performed over financial series. In order for the obtained results to provide effective estimates, residuals related to auxiliary regression models are required to have normal distributions. The studies of Meng et al. (2014) and Meng et al. (2016) applied unit root tests based on the residual augmented least squares (RALS) method cases where the normality assumption was not provided, and the residuals related to auxiliary regressions that showed a leptokurtic distribution also deviated from normality as a result of asymmetry or nonlinearity. The RALS method has reasons related to the deviation of the higher-order moments of the residuals belonging to auxiliary regressions that do not show a normal distribution. Therefore, this study uses this method and the second and third moments of the residuals to attempt to resolve the problem of the normality assumption.

This study considers the efficiency hypothesis, which is defined as the inability to use modeling to predict the prices of securities. Therefore, prices can not be predicted because they exhibit a random walk (Campbell et al., 1996, p.22). When the prices for securities bought and sold on a securities market reflect all the information and prices respond quickly or without deviation to new information, such markets are generally interpreted as being efficient (Deckman & Dale, 1986, p.5).

This study uses traditional and current econometric methods to examine the stock market index values of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) countries and to test the validity of the efficiency hypothesis over financial markets. Due to the leptokurtic distribution of the financial series, the empirical part of the study uses unit root tests based on the RALS method, which is widely used in cases where the residuals do not comply with normal distribution, as well as unit root tests based on the assumption of normal distribution. To test the efficiency hypothesis over the stock market index values of 19 OECD countries, the study uses the Lagrange multiplier (LM) unit root tests with one and two structural breaks and RALS-LM unit root tests, which are unit root tests based on the RALS method. According to the practical results from the Schmidt and Phillips (SP), LM and RALS-LM tests based on the assumption of normal distribution, the residuals from auxiliary regressions of the SP and LM unit root tests were observed to not show normal distributions. Therefore, the residuals related to the financial series under consideration have been shown to not support the normality assumption. Additionally, when examining whether the series shows a unit-rooted process, the RALS-LM unit root tests reject the unit root hypothesis for more country market indexes than the SP and LM unit root tests.

### Giriş

Finansal piyasalar, birçok ülkede fon alanlar ve fon arz edenler arasında fon akımlarını düzenleyen kurumlar veya akımı sağlayan araçlarla bunları düzenleyerek, hukuki ve idari kuralların oluşturduğu yapı şeklinde tanımlanmaktadır. Bir ülkenin ekonomik sisteminde önemli bir yere sahip olan finansal piyasalarda, fonların el değiştirmesi amacıyla fon talep ve arzı için belgeler düzenlenmektedir. Dolayısıyla finansal piyasalar, finansal varlık şeklinde tanımlanan kıymetli evrak özelliğindeki bu belgelerin alış-satış işlemlerinin yapıldığı piyasalardır. Finansal piyasalar; para piyasası ve sermaye piyasası olarak sınıflandırılmaktadır. Para piyasası, fon arz-taleplerinin en fazla bir yıl vadeli olduğu piyasalar iken; sermaye piyasası vadesi bir yıldan fazla olan piyasalardır. Ayrıca finansal piyasalar varlık alış- satışıyla ilgili yasa ve kurallara dayalı olup olmaması bakımından organize ve organize olmamış piyasalar şeklinde de tanımlanmaktadır. Menkul kıymetler borsaları, organize olmuş sermaye piyasalarına örnek verilebilmektedir. Bu özellikteki borsalarda işlem gören menkul kıymetler, borsaya kayıtlıdır ve doğrudan alım-satım olmamaktadır. Ancak aracı kurumlar ile alım- satım işlemleri yapılabilmektedir (Ceylan, 2000). Menkul kıymet borsalarında yatırımcılar en aza indirgenmiş risk unsurları ile maksimum fayda sağlayabileceği kararlar almayı amaçlamaktadırlar. Ancak piyasa fiyatlarında artış veya azalış yönünde etkili olabilecek birçok etken bulunmaktadır. Bu noktada yatırımcılar hangi piyasa fiyatlarının daha az risk teşkil edeceği konusunda çeşitli yaklaşımlardan yararlanmaktadır. Bu yaklaşımlardan biri de etkinlik hipotezi kavramıdır.

Etkinlik hipotezi, menkul kıymet fiyatlarının modellenerek tahmin edilemeyeceği olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla fiyatların tahmin edilmesi söz konusu değildir, bunun nedeni ise fiyatların rastgele yürüyüş sergilemesidir (Campbell vd. 1996; 22). Genellikle, bir menkul kıymet piyasasında piyasada alınıp satılan menkul kıymetlerin fiyatları bütün bilgileri yansıtıyorsa ve

fiyatlar yeni bilgiye hızlı veya sapmasız bir biçimde yanıt veriyorsa, böyle piyasalar etkindir şeklinde yorumlanmaktadır (Deckman ve Dale, 1986; 5). Mevcut bilgilerin tüm yönleri ile ele alındığı menkul kıymetlerin işlem gördüğü piyasalar etkin piyasalar olarak tanımlanmaktadır (Fama, 1970). Piyasalar, diğer değişkenlerin sabit olduğu varsayımı altında, düşüş ya da yükseliş beklentisi içinde değildir. Bunun nedeni, piyasaların sadece cari gerçek fiyatlar ile ilgilenmesidir. Ayrıca menkul kıymet fiyatlarına ilişkin rassal yürüyüş modeli, matematiksel özelliklerin etkisi altındadır (Altun, 1992). Etkin piyasa hipotezinde fiyatta meydana gelen değişiklikler bağımsız ve rastgele dağılım sergilemektedir. Bununla birlikte fiyat serilerindeki değişiklikler herhangi bir hafızaya sahip olmadıkları için geçmiş değerler kullanılarak geleceğe dair tahminlerde bulunulamaz (Fama, 1965). Herhangi bir piyasanın etkin olarak ifade edilebilmesi için, o piyasadaki menkul kıymetlerin fiyat hareketlerinin kısa dönem hafıza özelliğinde olması gerekmektedir. Öte yandan bir piyasanın etkin olmaması ise, o piyasanın uzun dönem hafızaya sahip olmasıyla ilgilidir. Fama 1970’te yapmış olduğu çalışmayla etkinlik hipotezini aşağıdaki gibi üç farklı şekilde tanımlamıştır (Özdemir ve Çelik, 2020; 125-160):

- Zayıf formda etkinlik
- Yarı güçlü formda etkinlik
- Güçlü formda etkinlik

Zayıf formda etkinlik, piyasa fiyatlarının geçmiş fiyatlarıyla ilgili bütün bilgileri yansıtması şeklinde ifade edilmektedir. Hisse senedi fiyatlarına ilişkin bütün bilgilerin güncel fiyatlara tam anlamıyla yansıdığı varsayılmaktadır. Zayıf formda etkin piyasalara ait yatırımcılar yeni gelen bilgilere anlık bir şekilde erişememektedir. Bununla birlikte, bir takım kamuya açıkça verilmemiş yeni bilgiler, bazı piyasalarda yer alan katılımcıların bilgisi dahilinde olmaktadır (Fama, 1970; 383-384). Menkul kıymetlere ait fiyatlardaki değişimin rassal olmasıyla, önceden tahmin edilemeyeceğinin ileri sürüldüğü rassal yürüyüş teorisi aynı zamanda zayıf formda etkinliğe de örnek gösterilebilmektedir (Karaşın, 1987; 96).

Yarı güçlü formda etkinlik, kamuya bildirilen bütün bilgiler ve geçmiş fiyat bilgilerinin piyasadaki fiyatlara yansımaları; kamuya bildirilen bilgilerin cari fiyatlara yansımalarıyla ortalama üstü getirilerin engellenmesi gibi özellikleri taşımaktadır (Bodie, Kane ve Marcus, 2009; 349-350). Bu formda olan piyasalar için yatırımcılar normalin üstünde getiri elde edemediği ifade edilmektedir.

Güçlü formda etkinlik ise, arz- talep dengesinde oluşan fiyatların geçmişteki bilgilerini, kamuya bildirilen bütün bilgiler ile firma içi bilgiler gibi özel bilgileri yansıtmaktadır. Bu durumda özel bilgiye sahip firma yöneticileriyle firma sahiplerinin ortalama üstü getirileri olmayacaktır (Sümer ve Aybar, 2016; 75-84).

Literatürde etkin piyasalar hipotezi ile ilgili yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Zayıf formda etkinliği ilk olarak 1959’da ele alan Roberts, yapmış olduğu çalışmada hisse senedi fiyatlarındaki değişikliklerin rassal yürüyüş sergilediği ve dolayısıyla zayıf formda etkin olduğunu göstermiştir (Koyuncu ve Aslan, 2019; 17-30). Daha sonra 1965’te Fama, piyasada bulunan bütün bilgileri içerdiğini ileri sürdüğü hisse senedi fiyatlarını inceleyerek; borsada gerçekleşen fiyat değişimlerinin rassal olarak ortaya çıktığını ve bu nedenle fiyatların önceden tahmin edilemeyeceğini ileri sürmüştür. Ayrıca Fama 1970’te, etkin piyasa hipotezi kavramını literatüre kazandıran bir çalışmayla, bu kavramın ilk kez kullanımını gerçekleştirmiştir. Fama bu çalışmada, bir piyasanın etkinlik derecesinin o piyasadaki fiyatların rassal olmasıyla yani önceden tahmin edilememesiyle ilgili olduğunu ileri sürmüştür (Yalçın vd., 2022; 100-119). Daha sonraki yıllarda Burt vd. 1973 ve 1975 yıllarındaki çalışmalarında; Kanada, Almanya ve İngiltere piyasalarına ilişkin incelemelerinde İngiltere ve Almanya piyasalarının etkin piyasalar olduğunu göstermişlerdir. Lee vd. 1988 ve 1995 yıllarındaki çalışmalarında, dokuz Asya ülkesine ilişkin piyasaları ele alarak, ilgili piyasaların etkinlik özelliği gösterdiğini ifade etmişlerdir (Başarır ve Serel, 2021; 77-93). Türkiye’de etkinlik hipotezi ile ilgili son yıllarda yapılmış çalışmalar ise Tablo 1’de özetlenmiştir:

Finansal zaman serilerini iktisadi zaman serilerinden ayıran istatistiki özellik leptokörtik dağılım göstermesidir. Leptokörtik dağılımlar için volatilité kümelenmesi ve pozitif aşırı basıklığın söz konusu olduğu bilinmektedir. Finansal zaman serilerinde outlier (aykırı değer) sayısı, normal dağılım gösteren serilere göre daha fazladır. Bu sebeple olasılık yoğunluk fonksiyonu grafiği incelendiğinde bu serilerde dağılımın kuyruk kısımları normal dağılımdan daha kalın olmaktadır. Açıklanan sebeplere dayanarak finansal serilerin normal dağılıma uygunluk göstermediği bilinmektedir. Dolayısıyla finansal seriler gibi normal dağılım göstermeyen seriler için yapılacak analizlerde, normal dağılım varsayımına dayanan testlerin kullanımı, elde edilen sonuçların olumsuz yönde etkilenmesine neden olacaktır. Bu durumda normal dağılımı durumunda da etkili ve güvenilir sonuçlar veren başka yöntemlere başvurulmaktadır. Finansal seriler için yapılan birim kök analizlerinde de normallik varsayımı önemlidir. Elde edilen sonuçların etkin tahminler olması için yardımcı regresyon modellerine ilişkin kalıntıların normal dağılımı gerekmektedir. Meng vd. 2014’teki çalışması ile Meng vd. 2016 yılındaki çalışmalarında da, normallik varsayımının sağlanmadığı durumlarda kalıntılarla arttırılmış en küçük kareler (RALS) yöntemine dayalı birim kök testleri; yardımcı regresyonlara ilişkin kalıntıların leptokörtik dağılım göstermesi, asimetri veya doğrusal dışılık sebeplerinden dolayı normallikten uzaklaşması halinde uygulanmaktadır. RALS yönteminde, normal dağılım göstermeyen yardımcı regresyonlara ait kalıntıların, yüksek mertebeden momentlerinin normallikten uzaklaşmasıyla ilgili sebepler yer almaktadır. Dolayısıyla bu yöntemle, kalıntılara ait ikinci ve üçüncü momentlerin kullanımıyla, normallik varsayımı problemi çözülmeye çalışılmaktadır.

**Tablo 1. Etkinlik Hipotezi Literatür Taraması**

Yazar(lar) / Yayın Tarihi	Uygulama Alanı	Analiz Yöntem(ler)i	Bulgular
Berke, B., Özcan, B. ve Dizdarlar, H.I. (2014)	Türkiye'deki döviz piyasası zayıf ve yarı güçlü formda etkinlik bakımından incelenmiştir.	ADF, PP ve LM Birim Kök Testleri	İncelenen seriler zayıf formda etkin, ancak yarı güçlü formda etkin değildir.
Hepsağ, A. ve Yaşar Akçalı, B. (2015)	G7 ve E7 ülkelerine ait hisse senedi piyasalarında zayıf formda etkinlik araştırılmıştır.	Sollis (2009) Birim Kök Testi, KSS Birim Kök Testi	G7 ülkelerinden ABD, Fransa, İtalya ve Japonya ülke piyasaları zayıf formda etkin, ancak diğer ülkeler etkin değildir. Ayrıca E7 ülkelerinde Brezilya, Çin, Endonezya, Hindistan, Meksika ve Türkiye piyasaları zayıf formda etkin iken geriye kalan ülkeler zayıf formda etkin değildir.
Altunöz, U. (2016)	Borsa İstanbul'da zayıf formda etkin piyasa hipotezinin test edilmesinde bankacılık piyasası ele alınmıştır.	ADF Birim Kök Testi, PP Birim Kök Testi	İncelenen seriler birim köklü olup, zayıf formda etkindir.
Malcıoğlu, G. ve Aydın, M. (2016)	BIST 100 Endeksi ve alt endeksleri (Sınai, Teknoloji, Mali ve Hizmet Endeksi) etkinlik bakımından incelenmiştir.	Harvey Doğrusallık Testi, KSS Birim Kök Testi	İncelenen seriler durağan olup, zayıf formda etkin değildir.
Gözen, M. Ç., Koç, S. ve Abasız, T. (2016)	TL/ABD Doları ile TL/AVRO kurları için zayıf formda etkinlik araştırılmıştır.	KPSS Birim Kök Testi, ADF Birim Kök Testi, İki Yapısal Kırımlı LM ve LP Birim Kök Testleri	İncelenen serilerde Türkiye için zayıf formda etkinlik hipotezinin geçerli olduğu bulunmuştur.
Çevik, E. İ. (2018)	BIST 100 Endeksinin bütünlüme derecesi rejimlere bağlı olarak zayıf formda etkinlik bakımından araştırılmıştır.	Markov-Switching ADF (MS-ADF) Birim Kök Testi	Yüksek volatilité rejiminde zayıf formda etkinlik, düşük volatilité rejiminde ise zayıf formda etkinliğin geçerli olmadığı tespit edilmiştir.
Kayral, İ. E. ve Alagöz, H. M. (2019)	G-20 Ülkeleri borsası için zayıf formda etkinlik test edilmiştir.	Varyans Oran Testi, ADF, PP, KPSS Birim Kök Testleri	ABD, Hindistan, Suudi Arabistan, Çin ülke borsalarının zayıf formda etkin olmadıkları ve geriye kalan ülke borsalarında zayıf formda etkinliğin geçerli olduğu tespit edilmiştir.
Bektur, Ç. ve Aydın, M. (2019)	BIST 100 (Getiri) ve alt endeksleri için zayıf formda etkinlik hipotezinin geçerliliği sınanmıştır.	Fourier KPSS Birim Kök Testi	İncelenen serilerin birim köklü olduğu, dolayısıyla bu serilerde zayıf formda etkinlik hipotezinin geçerli olduğu bulunmuştur.
Çevik, E. İ. ve Sezen, S. (2020)	BIST bankacılık sektör endeksi için zayıf formda etkinlik araştırılmıştır.	Uzun Hafıza Modelleri	İncelenen seriler durağan olup, zayıf formda etkin değildir.
Şahin, Ö. (2020)	BIST100, Dolar Kuru ve Altın Fiyatı Piyasalarına üzerine bir çalışmadır.	Run Test ve Volatilité Modelleri	İncelenen seriler durağan olup, zayıf formda etkin değildir.
Özdemir, A. ve Çelik, İ. (2020)	S&P500 (ABD) ve BIST 100 pay piyasası endekslerine ait getiri serileri için uzun hafıza etkisi ve uzun dönem volatilitesi farklı dağılımlar altında incelenmiştir.	ARFIMA ve FIGARCH model kombinasyonları	İncelenen seriler durağan olup, etkinlik hipotezi geçerli olmamaktadır.
Başarır, Y. ve Serel A. (2021)	Türkiye'deki döviz piyasasının zayıf ve yarı güçlü formda etkinliği araştırılmıştır.	Engle Granger Eşbütünlüme Testi, Gregory Hansen Testi	Döviz piyasaları zayıf formda etkin ancak yarı güçlü formda etkin değildir.

Tablo 1. Sayfa 2

Ildırar, M. ve Dalli, T. (2021)	BIST bankalar endeksi ile birlikte 12 bankanın aylık kapanış fiyatlarında zayıf formda etkinlik araştırılmıştır.	ADF, PP, KPSS Birim Kök Testleri, Varyans Oranı Testi	Türkiye Halk bankası dışındaki tüm serilerde zayıf formda etkinliğin geçerli olduğu görülmüştür.
Erataş Sönmez, F. (2021)	G7 ülkeleri piyasalarında zayıf formda etkinliğin geçerliliği incelenmiştir.	Durağan olmayan panel birim kök testleri	İlgili serilerde zayıf formda etkinlik söz konusudur.
Yalçın, Ç. K., Çevik, Y. E. ve Tanrıöven, C. (2022)	Yüksek frekanslı işlemler sonrası BIST 100 endeksi için zayıf formda etkinlik araştırılmıştır.	Varyans Oranı Testi	İncelenen seriler durağan olup, zayıf formda etkin değildir.
Buzdağlı, Ö. (2022)	Dolar/TL ve Euro/TL'ye ait nominal döviz kuru verileri zayıf formda etkinlik bakımından incelenmiştir.	Fourier ADF, Fourier KSS, Fourier Sollis ve Fourier Kruse Birim Kök Testi	İncelenen seriler durağan olup, zayıf formda etkin değildir.
Eyüboğlu, K. ve Kızıltoprak, G. (2022)	Metal emtia piyasalarında altın, gümüş, platin ve paladyuma ait günlük dolar bazlı kapanış fiyatları ele alınarak zayıf formda etkinliğin geçerliliği test edilmiştir.	Fourier ADF Birim Kök Testi	Altın, platin ve paladyum piyasaları birim köklü olduğu için etkinlik hipotezi geçerliyken, gümüş piyasasından fiyatlar durağan olduğu için etkinlik hipotezi geçerli değildir.
Küçükkaplan, İ., Kılıç, E., Pazarcı, Ş. ve Kar, A. (2023)	G-8 ülkeleri borsa endeksleri için etkin piyasa hipotezinin geçerliliği test edilmiştir.	ADF, RALS-ADF, Fourier-ADF ve Fourier-KSS Birim Kök Testleri	Almanya, Fransa, Japonya piyasalarında etkin piyasa hipotezi geçerlidir. Rusya serisi için ADF dışındaki tüm birim kök test sonuçlarına göre etkin piyasa hipotezi geçersizdir.

Bu çalışmada finansal piyasalarda etkinlik hipotezinin geçerliliğinin test edilmesi amacıyla, geleneksel ve güncel ekonometrik yöntemler kullanılarak, OECD ülkelerine ait borsa endeks değerleri veri setleri incelenmiştir. Bu amaçla uygulamada, etkinlik hipotezinin geçerliliğini 19 OECD ülkesine ait menkul kıymetler borsa endeks fiyatları ele alınarak; SP ve LM birim kök testleri ile RALS-LM birim kök testi ele alınmıştır. Çalışmanın birinci kısmında finansal piyasalar ve etkinlik hipotezi hakkında bilgi verilmiştir. İkinci kısımda kullanılan ekonometrik yöntemlere ilişkin teorik açıklamalar yer almaktadır. Üçüncü kısımda kullanılan veri seti açıklanarak, ampirik bulgular verilmektedir. Çalışmanın son kısmında ise sonuç bölümü bulunmaktadır.

### Ekonometrik Yöntem

Finansal serilerde etkinlik hipotezi kavramı literatürde sıklıkla karşılaşılan önemli bir konudur. Piyasaların etkinliğinin test edilmesinde ise birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu çalışmada, piyasaların etkinlik hipotezine uygunluk gösterip göstermediğini test etmek için 19 OECD ülkesine ilişkin menkul kıymetler borsa endeks fiyatları ele alınmıştır. İlgili piyasaların etkinliğini test etmek amacıyla çalışmada Schmidt ve Phillips'in 1992 yılında önerdikleri LM tipi birim kök testinin yapısal kırılmalı formu olan ve Lee ve Strazicich tarafından 2003 ve 2004 yıllarında geliştirilen bir ve iki yapısal kırılmalı birim kök testi kullanılmıştır. Ayrıca güncel yöntemlerden, Kalıntılarla arttırılmış en küçük kareler (RALS) yöntemine dayalı birim kök testi olan ve Meng, Im, Lee ve Tieslau tarafından 2014 yılında geliştirilen RALS – LM birim kök testi ele alınmıştır.

Çalışmada yer alan klasik LM test regresyonu, en küçük kareler (EKK) yöntemi ile tahmin edilerek, ona ait kalıntılar hesaplanmaktadır. LM testine ilişkin test regresyonu aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} y_t &= z_t' \delta + x_t, \\ x_t &= \beta x_{t-1} + e_t \end{aligned} \quad (1)$$

Burada,  $z_t = [1, t]'$  deterministik bileşenler olan sabit terim ve trend değişkeni olarak tanımlanmaktadır. Schmidt ve Phillips tarafından 1992 yılında önerilen birim kök testine ait yardımcı regresyon ise aşağıdaki gibidir:

$$\Delta y_t = \delta' z_t + \phi \check{y}_{t-1} + e_t \quad (2)$$

Burada,  $\check{y}_t$  değişkeni  $y_t$  değişkeninin trendden arındırılmış şeklidir. (2) numaralı yardımcı regresyon modeli en küçük kareler (EKK) yöntemi ile tahmin edildikten sonra aşağıdaki hipotezler yardımıyla birim kök sınaması yapılmaktadır:

$H_0 : \phi = 0$  (Seri birim köklüdür.)

$H_1 : \phi < 0$  (Seri durağandır.)

Ancak Schmidt ve Phillips (1992) testi yapısal kırılmaları dikkate almadığı için;

$$z_t = [1, t, D_{1,t}, D_{2,t}, DT_{1,t}, DT_{2,t}]'$$

şeklinde tanımlanarak, yapısal kırılmaların modele dahil edilmesiyle, Lee ve Strazicich tarafından 2003 ve 2004 yıllarında önerilen bir ve iki yapısal kırılmalı LM testi geliştirilmiştir. LM birim kök testi için hesaplanan test istatistiği, ilgili kritik değerden büyük olduğunda, sıfır hipotezi reddedilerek serinin yapısal kırılmalı durağan olduğu sonucuna varılmaktadır. Ancak test istatistiği kritik değerden büyük ise, sıfır hipotezi reddedilemediği için serinin yapısal kırılmalı birim köklü bir süreç izlediği ifade edilmektedir (Hepsağ, 2022). Yapısal kırılmalı LM birim kök testi ile ADF tipi birim kök testlerinde yapısal kırılmayı dikkate almayarak test edilen hipotezlerin hatalı sonuçlara sebep olması önlenebilmektedir. Lee ve Strazicich'in LM tipi birim kök testinin uygulama aşamasında kullanılacak modeller A, B ve C şeklinde tanımlanmıştır. Bu modeller sırasıyla; düzeyde yapısal kırılmalı, eğim parametresinde yapısal kırılmalı ve hem düzeyde hem de eğim parametresinde gerçekleşecek yapısal kırılmayı dikkate alan modellerdir. Burada C modeli, diğer iki modele göre üstünlük sağlamaktadır. Bu çalışmanın ampirik analizlerinde kullanılan LM birim kök testine ait veri yaratma süreci;

$$Y_{i,t} = \delta' Z_t + e_t \quad (3)$$

şeklindedir.

Burada,  $e_t = \beta e_{t-1} + \varepsilon_t$  olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca modelde yer alan  $Z_t$ , dışsal değişkenler vektörüdür.  $\varepsilon_t$  ise, 0 ortalamaya ve  $\sigma^2$  varyansa sahip özdeş bağımsız normal dağılılan değişkenlerdir.

LM birim kök testi için test istatistiği ise;

$$\Delta Y_{i,t} = \delta' \Delta Z_t + \phi \tilde{S}_{t-1} + u_t \quad (4)$$

denklemleriyle hesaplanmaktadır.

Bir ve iki yapısal kırılmalı LM birim kök testlerinde C modelinde sırasıyla; düzeyde ve trendde bir yapısal kırılma ile düzeyde ve trendde iki yapısal kırılmaya izin verilmektedir. Test istatistiği ise:

$\tilde{\tau} : \phi=0$  şeklinde tanımlanan sıfır hipotezini test eden t istatistiği olarak tanımlanmaktadır (Yıldırım Tıraşoğlu, 2014; 68-87).

Kalıntılarla arttırılmış en küçük kareler (RALS) yöntemi, literatürde ilk defa 1996 yılında Im tarafından öne sürülmüştür. RALS yöntemi, ampirik analizlerde kullanılan serilere ilişkin kalıntıların normal dağılıma uygunluk göstermediği durumlarda, en küçük kareler (EKK) tahminlerinin etkin olmaması sebebiyle geliştirilmiştir. RALS yöntemiyle ilgili model kalıntılarıyla hesaplanacak olan yeni RALS katsayılarının modele eklenmesiyle, normallik varsayımı sorununun ortadan kalkacağı ifade edilmektedir. Böylece kalıntıların normallik varsayımını sağlamadığı durumlarda EKK yöntemi yerine RALS yöntemiyle daha etkin tahminler elde edilmektedir (Konat, 2021; 180-192). Im ve Schmidt'in 2008 yılındaki çalışmasında, genelleştirilmiş momentler methodu (GMM) kullanılarak, kalıntıların yüksek mertebeli momentleriyle normallik varsayımının sağlanmadığı durumlarda ortaya çıkabilecek EKK tahminlerinin etkin olmama durumunu düzeltmeyi amaçlamışlardır (Im ve Schmidt, 2008; 219-233).

RALS – LM testi ise, Im ve Schmidt'in 2008 yılında önerdikleri kalıntılarla arttırılmış en küçük kareler (RALS) yönteminin LM tipi birim kök testlerine dönüştürülmüş halidir. Meng vd. tarafından 2014 yılında geliştirilen RALS-LM testi üç farklı şekilde uyarlanmıştır. Bunlar; sabit terimde meydana gelen bir (1) yapısal kırılmalı, sabit terimde meydana gelen iki (2) yapısal kırılmalı ve yapısal kırılmanın dikkate alınmadığı RALS–LM testleri olarak ifade edilmektedir. RALS – LM birim kök testi, Schmidt ve Phillips'in 1992 yılında önerdikleri LM testinin kalıntılarla genişletilmesiyle geliştirilmiş bir birim kök testidir. Ayrıca sabit terimde meydana gelen 1 ve 2 yapısal kırılmalı RALS–LM birim kök testleri de, Lee ve Strazicich (2003, 2004) çalışmalarındaki sabit terimde meydana gelen 1 ve 2 yapısal kırılmalı LM testinin kalıntılarla genişletilmiş halidir.

Burada ilk olarak Meng vd. tarafından 2014 yılında önerilen RALS–LM testlerinden, yapısal kırılmanın dikkate alınmadığı RALS–LM birim kök testi açıklanacaktır. Bu teste tahmin süreci iki aşamalıdır. Birinci aşamada Schmidt ve Phillips'in 1992 yılındaki çalışmasında yer alan klasik LM test regresyonu, en küçük kareler (EKK) yöntemi ile tahmin edilerek, ona ait kalıntılar hesaplanmaktadır. LM testine ilişkin test regresyonu yukarıdaki (5) ve (6) eşitlikleri yardımıyla elde edilmektedir.



$$y_t = \delta' z_t + y_t \quad (5)$$

$$\Delta y_t = \delta' \Delta z_t + \phi y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \alpha_k \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (6)$$

Burada;

$z_t = [1, t]$  sabit terim ve trendin varlığını gösteren deterministik bileşendir.

Test regresyonlarına ait kalıntıların ikinci ve üçüncü momentleri aşağıdaki gibidir:

$$m_2 = \frac{\sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_t^2}{T} \quad (7)$$

$$m_3 = \frac{\sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_t^3}{T} \quad (8)$$

(7) ve (8) momentleri elde edildikten sonra kalıntılarla genişletilmiş değişkenler olarak tanımlanan  $\hat{w}_{2t}$  ve  $\hat{w}_{3t}$  değişkenleri aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$\hat{w}_{2t} = \hat{\varepsilon}_t^2 - m_2 \quad (9)$$

$$\hat{w}_{3t} = \hat{\varepsilon}_t^3 - m_3 - 3m_2 \hat{\varepsilon}_t \quad (10)$$

Kalıntılarla genişletilmiş  $\hat{w}_{2t}$  ve  $\hat{w}_{3t}$  değişkenleri tahmin edildikten sonra (6) geleneksel LM birim kök test regresyonuna eklenerek RALS-LM test regresyonu:

$$\Delta y_t = \delta' \Delta z_t + \phi y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \alpha_k \Delta y_{t-1} + \gamma_2 \hat{w}_{2t} + \gamma_3 \hat{w}_{3t} + u_t \quad (11)$$

(11) test regresyonu yapısal kırılmanın dikkate alınmadığı durum için RALS-LM test regresyonu olarak ifade edilmektedir. RALS-LM test regresyonu klasik en küçük kareler (EKK) yöntemiyle elde edilmektedir. Daha sonra birim kökün varlığının test edilmesi için kullanılan  $\tau_{RALS-LM}$  test istatistiği:

$$\tau_{RALS-LM} = \rho \tau_{LM} + \sqrt{1 - \rho^2} Z \quad (12)$$

olarak tanımlanmaktadır. Burada;

$\tau_{LM}$ : Klasik LM birim kök testi için hesaplanan test istatistiğini,

Z: Sıfır (0) ortalamalı ve birim varyansa sahip rassal bir değişkeni göstermektedir. Ayrıca  $\rho^2$ ,

$$\hat{\rho}^2 = \sigma_u^2 / \sigma_\varepsilon^2 \quad (13)$$

şeklinde tahmin edilmektedir. Burada;

$\hat{\sigma}_u^2$ : RALS-LM birim kök testi için test regresyonuna ait hata teriminin varyans tahminini,

$\hat{\sigma}_\varepsilon^2$ : Geleneksel LM birim kök testi için test regresyonuna ait hata teriminin varyans tahminini göstermektedir.

Test için kurulacak hipotezler aşağıdaki gibidir:

$H_0 : \phi = 0$  (Seri birim köklüdür.)

$H_1 : \phi < 0$  (Seri durağandır.)

Hesaplanan  $\tau_{RALS-LM}$  test istatistiğinin dağılımı  $\rho^2$  parametresine bağlıdır. Bu parametrenin  $\rho^2=0.1, 0.2, \dots, 0.9$  değerleri için hesaplanan kritik değerler,  $\tau_{RALS-LM}$  test istatistiği ile kıyaslanmaktadır. Eğer hesaplanan  $\tau_{RALS-LM}$  test istatistiği mutlak değerce belirlenen kritik değerden küçükse, sıfır hipotezi reddedilemeyeceği için seri birim köklü olacaktır. Ancak  $\tau_{RALS-LM}$  test istatistiği mutlak değerce belirlenen kritik değerden büyükse, sıfır hipotezi reddedilerek serinin durağan bir süreç izlediği sonucuna ulaşılmaktadır.

Sabit terimdeki bir (1) yapısal kırılmalı RALS- LM testinde ise (5), (6) ve (11) numaralı modelleri için deterministik bileşen  $z_t = [1, t, D_{1t}]$  olarak tanımlanmaktadır. Burada  $D_{1t}$ , sabit terimde meydana gelen bir (1) yapısal kırılmayı temsil eden gölge değişkendir. Öte yandan sabit terimde meydana gelen iki (2) yapısal kırılmalı RALS-LM testi için (5), (6) ve (11) modellerindeki deterministik bileşen  $z_t = [1, t, D_{1t}, D_{2t}]$  şeklindedir. Burada;  $D_{1t}$  sabit terimde meydana gelen ilk yapısal kırılmayı temsil eden gölge değişkeni ve  $D_{2t}$  ise sabit terimde meydana gelen ikinci yapısal kırılmayı temsil eden gölge değişkenini ifade etmektedir. Yapısal kırılmalı RALS-LM birim kök testlerinde kurulacak hipotezler ise aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Hepsağ, 2022):

$H_0$  : Seri yapısal kırılmalı birim köklüdür.

$H_1$  : Seri yapısal kırılmalı durağandır.

Meng vd. göre RALS yöntemine dayalı olarak geliştirilen RALS-LM testinin, kalıntıların normal dağılmadığı varsayımı altında, geleneksel LM tipi birim kök testinden daha etkin olduğu ileri sürülmüştür. Bu testin uygulandığı zaman serilerinde yapısal kırılmanın yeri ile ilgili bilgiye yer verilmemektedir. Ayrıca serilerin birim köklü süreç izlediğini ileri süren sıfır hipotezinin yanlışlıkla red edilmesi durumu söz konusu değildir. Dolayısıyla sıfır hipotezinin reddedilmesinin, durağanlığın daha doğru bir şekilde kanıtlanması anlamını taşımaktadır (Meng vd., 2016).

## Uygulama ve Bulgular

Bu çalışmada, OECD ülkeleri (Türkiye, ABD, Avusturya, Kanada, Fransa, Hollanda, Almanya, İtalya, İngiltere, Belçika, Danimarka, İrlanda, Yunanistan, İsviçre, İsveç, İspanya, İzlanda, Norveç ve Portekiz) için verilere erişebilirliğe bağlı olarak ülkelere göre gözlem dönemi farklılık gösterse de; gözlem dönemine ilişkin en geniş aralık 2000:01-2023:03 dönemi Borsa Endeks değerlerinin aylık verilerini kapsamaktadır. Çalışmada kullanılan veriler [www.investing.com](http://www.investing.com) adresinden elde edilmiştir. Öncelikle her bir veri setinin doğal logaritması alınmıştır. OECD ülkelerinden olan Lüksemburg, data bulunamaması sebebiyle araştırmadan çıkarılmıştır.

Ülkelere ait menkul kıymetler borsa endeks değişkenlerine uygulanan Schmidt ve Phillips (SP) (1992) ve Lee ve Strazicich (2003, 2004) bir ve iki yapısal kırılmalı birim kök testi sonuçları ve bu testlerde kullanılan yardımcı regresyon modellerinin kalıntılarına uygulanan Jarque-Bera normallik testi sonuçları Tablo 2’de sunulmuştur.

**Tablo 2.** Schmidt-Phillips (1992) ve Lee-Strazicich (2003,2004) Birim Kök Testi Sonuçları

ÜLKELER	Borsa Endeksleri	$\tau_{LM}$	JB	$\tau_{LM(1)}$	JB	$\tau_{LM(2)}$	JB
Türkiye	BIST 100	-2.120(16)	69.4945**	-2.8732(16)	70.6896**	-4.3517	70.8734**
ABD	S&P 500	-1.793(16)	35.6057**	-4.127(16)*	35.5682**	-5.0398*	42.8194**
Avusturya	ATX	-2.253(14)	254.548**	-4.671(14)*	268.646**	-5.2697	245.337**
Kanada	S&P TSX	-3.377(16)*	721.7149**	-4.506(16)*	715.1692**	-5.3916*	829.739**
Fransa	CAC 40	-2.602(16)	33.7590**	-3.5044(16)	31.9779**	-4.8473	36.2032**
Hollanda	AEX	-2.170(16)	138.052**	-3.8390(16)	132.168**	-4.9708	138.339**
Almanya	DAX	-1.944(16)	130.9102**	-4.050(16)*	126.736**	-4.3785	136.797**
İtalya	FTSE MIB	-2.345(16)	36.9382**	-3.1154(16)	35.8239**	-4.5871	42.0814**
İngiltere	FTSE 100	-2.571(15)	43.667**	-3.8889(15)	42.5437**	-4.5100	40.2024**
Belçika	BEL 20	-3.000(16)*	231.7071**	-3.3682(16)	236.792**	-4.4918	249.224**
Danimarka	OMX C20	-3.128(16)*	65.2694**	-3.9445(16)	63.8409**	-4.4448	65.6814**
İrlanda	FTSE İrland	-2.001(15)	71.6148**	-2.9172(15)	71.8194**	-4.5848	76.6448**
Yunanistan	ATG	-2.044(14)	25.8282**	-3.2701(14)	24.7198**	-4.4712	27.09025**
İsviçre	SMI	-2.868(16)	22.5537**	-3.7151(16)	23.2378**	-4.9087*	23.8716**
İsveç	OMX S30	-2.069(16)	27.2579**	-4.348(16)*	27.2648**	-5.0148*	30.2286**
İspanya	IBEX 35	-2.561(16)	58.3644**	-3.5627(16)	57.7018**	-4.5193	61.0184**
İzlanda	OMX Iceland	-2.002(16)	148612.33**	-3.2587(16)	147999.66**	-5.3348*	149661.8**
Norveç	OSLO OBX	-3.255(16)*	303.966**	-4.573(16)*	304.154**	-5.6912*	318.281**
Portekiz	PSI 20	-3.126(16)*	46.9181**	-3.2804(16)	47.0967**	-5.3392*	47.8974**

**Notlar:** Tabloda \* ile işaretli olanlar, %5 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezi olan birim kök varlığının reddedildiği, yani ilgili serinin durağan bir süreç izlediğini ifade etmektedir.

Tabloda \*\* ile işaretli olanlar, %5 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezi olan normal dağılım varsayımının reddedildiğini ifade etmektedir.

Parantez içindeki değerler uygun gecikme uzunluklarıdır.

Tablo 2’de yer alan Schmidt-Phillips (1992) Birim Kök Testi sonuçlarına göre %5 anlamlılık düzeyinde 19 OECD ülkesinden 14’üne ait borsa endeks değerlerinin birim köklü bir süreç izlediği gözlemlenmektedir. Buna göre bu 14 ülke için etkinlik hipotezinin varlığı söz konusudur. Ayrıca Lee-Strazicich (2003,2004) bir ve iki yapısal kırılmalı LM test sonuçları incelendiğinde; 1 yapısal kırılmalı LM testi sonuçlarına göre; 19 OECD ülkesinden 13’ü için birim kök hipotezi reddedilemezken, 6 ülke için birim kök hipotezi reddedilmektedir. Buna göre bu 13 ülke için etkinlik hipotezinin varlığı söz konusudur. Son olarak 2 yapısal kırılmalı LM testi sonucuna göre ise; 12 ülkeye ait borsa endeks değerleri için birim kök hipotezi reddedilemezken, 7 ülke için birim kök hipotezi reddedilmektedir. Aynı şekilde buradaki 12 ülke için de etkinlik hipotezi geçerli olmaktadır. Birim kök sınamaları dışında, Schmidt ve Phillips (SP) (1992) ve Lee ve Strazicich (2003, 2004) birim kök testlerinin yardımcı regresyonları için elde edilen kalıntıların normal dağılıma uygunluk gösterip göstermediği Jargue-Bera-(JB) testi ile incelenmiştir. Buna göre incelenen yardımcı regresyonların kalıntıların normal dağılımadığı görülmüştür. Uygulanan Schmidt ve Phillips (1992) ve Lee ve Strazicich (2003,2004) birim kök sınamaları, ancak kalıntıların normal dağılıması varsayımının geçerliliğinde güvenilir sonuçlar vermektedir. Fakat burada normal dağılım varsayımı sağlanmadığı için elde edilen sonuçlar tartışmalı olacaktır. Bu nedenle yardımcı regresyonlara ait kalıntıların normal dağılmaması durumunda daha etkin sonuçlar veren yapısal kırılmasız, bir yapısal kırılmalı ve iki yapısal kırılmalı RALS-LM testleri ele alınmıştır. Bu testlere ait sonuçlar Tablo 3’te verilmiştir. Bu teste ilişkin kritik değerler Meng vd. tarafından 2014 yılında yapılan çalışmada yer almaktadır.

**Tablo 3. RALS-LM Birim Kök Testi Sonuçları**

ÜLKELER	Borsa Endeksleri	$\tau_{RALS-LM}$	$\hat{\rho}^2$	$\tau_{RALS-LM(1)}$	$\hat{\rho}^2$	$\tau_{RALS-LM(2)}$	$\hat{\rho}^2$
Türkiye	BIST 100	-2.144(16)	0.927	-3.04(16)*	0.968	-4.91(16)*	0.956
ABD	S&P 500	-1.347(16)	0.895	-4.64(16)*	0.866	-3.54(16)*	0.764
Avusturya	ATX	-2.308(14)	0.745	-3.91(14)*	0.779	-5.54(14)*	0.831
Kanada	S&P TSX	-3.66(16)*	0.739	-3.64(16)*	0.824	-9.61(16)*	0.727
Fransa	CAC 40	-2.717(16)	0.877	-3.62(16)*	0.892	-5.09(16)*	0.893
Hollanda	AEX	-2.490(16)	0.784	-4.39(16)*	0.789	-6.03(16)*	0.819
Almanya	DAX	-3.51(16)*	0.787	-5.10(16)*	0.765	-7.05(16)*	0.822
İtalya	FTSE MIB	-2.856(16)	0.860	-3.43(16)*	0.891	-4.98(16)*	0.900
İngiltere	FTSE 100	-3.40(15)*	0.791	-3.49(15)*	0.765	-5.44(15)*	0.823
Belçika	BEL 20	-2.621(16)	0.782	-3.40(16)*	0.814	-4.04(16)*	0.836
Danimarka	OMX C20	-2.829(16)	0.855	-3.47(16)*	0.834	-3.25(16)*	0.908
İrlanda	FTSE İrland	-2.623(15)	0.837	-3.38(15)*	0.831	-4.66(15)*	0.877
Yunanistan	ATG	-2.574(14)	0.850	-3.22(14)*	0.852	-4.55(14)*	0.869
İsviçre	SMI	-2.815(16)	0.899	-4.06(16)*	0.903	-5.01(16)*	0.971
İsveç	OMX S30	-3.07(16)*	0.874	-4.58(16)*	0.885	-6.48(16)*	0.856
İspanya	IBEX 35	-2.696(16)	0.848	-3.63(16)*	0.854	-5.41(16)*	0.862
İzlanda	OMX Iceland	-0.806(16)	0.292	-1.655(16)	0.279	-19.1(16)*	0.960
Norveç	OSLO OBX	-2.328(16)	0.792	-3.76(16)*	0.745	-3.87(16)*	0.843
Portekiz	PSI 20	-2.859(16)	0.892	-3.95(16)*	0.855	-4.70(16)*	0.881

**Notlar:** Tabloda \* ile işaretli olanlar, %5 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezi olan birim kök varlığının reddedildiği, yani ilgili serinin durağan bir süreç izlediğini ifade etmektedir.

Parantez içindeki değerler uygun gecikme uzunluklarıdır.

Buna göre, Tablo 3’teki yapısal kırılmasız RALS-LM testine göre %5 anlamlılık düzeyinde 15 OECD ülkesi borsa endeks değerleri için birim kök hipotezi reddedilememiştir ve 15 ülke piyasası etkin piyasa olmaktadır. Diğer 4 ülkenin borsa endeks değerleri için ise birim kök hipotezi reddedilmiş ve piyasa etkinliğinin söz konusu olmadığı belirlenmiştir. Tablo 3’te yer alan bir yapısal kırılmalı RALS-LM testine göre ise 13 ülke için %5 anlamlılık düzeyinde birim kök hipotezi reddedilemezken, kalan 6 ülke borsa endeks değerleri için %5 anlamlılık düzeyinde birim kök hipotezi reddedilmiştir. Buna göre 6 ülke için piyasaların etkinliği söz konusu değil iken, diğer 13 ülke için etkinlik hipotezi geçerlilik göstermektedir. Bu çalışmada ele alınan iki yapısal kırılmalı RALS-LM testine göre ise 12 ülkenin borsa endeks değerleri için %5 anlamlılık düzeyinde birim kök hipotezi reddedilememiştir ve 12 ülke için etkinlik hipotezi geçerli olmaktadır. Geriye kalan 7 ülke için ise %5 anlamlılık düzeyinde birim kök hipotezi reddedilmiştir ve etkinlik hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

### Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada finansal zaman serileri kullanılarak uygulanan birim kök testlerinde yardımcı regresyonlara ait kalıntıların normal dağılmaması sebebiyle geleneksel LM testlerine göre daha etkin sonuçlar verdiği varsayılan kalıntılarla artırılmış en küçük kareler (RALS) yöntemine dayalı olarak geliştirilen RALS-LM birim kök testleri de ele alınmaktadır. Çalışmanın ampirik kısmında değişken olarak 19 OECD ülkesine ait borsa endeks değerleri kullanılarak, bu piyasalarda etkinlik hipotezinin geçerliliği araştırılmıştır.

Yapılan analizlerin sonuçlarına göre; geleneksel birim kök testlerinden olan SP ve LM testleri ile sınanan birim kök hipotezleri daha az sayıda ülkeye ait borsa için reddedilmektedir. Ayrıca SP ve LM testleri için kullanılan yardımcı regresyon modellerine ait kalıntıların normal dağılmadığı gözlenmiştir. Kalıntıların normal dağılıma uygunluk göstermemesinden dolayı elde edilen sonuçların güvenilirliği tartışmalı olacaktır. Dolayısıyla analizlerde alternatif olarak RALS-LM birim kök testleri kullanılmıştır. RALS-LM birim kök testlerinin sonuçları incelendiğinde, SP ve LM testlerine göre daha çok sayıda ülkenin borsası için birim kök hipotezi reddedilmiştir. Bu durumda etkin olmayan piyasalarda yatırımcıların fiyatları tahmin edebilmesi bilgisi ile etkin piyasalarda fiyatların tahmin edilemeyeceği bilgisi göz önünde bulundurularak yatırım kararları alınması uygun olacaktır.

---

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Çıkar Çatışması:** Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer Review:** Externally peer-reviewed.

**Conflict of Interest:** The author has no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The author declared that this study has received no financial support.

---

**ORCID:**

Derya ÖZ 0000-0002-0844-0241

**KAYNAKLAR / REFERENCES**

- Altun, U. Oğuz. (1992), “Sermaye Piyasalarında Etkinlik: İMKB Üzerine Fiyat Etkinliği Testi”, SPK Araştırma Dairesi Yeterlilik Etüdü, Ankara.
- Başarı, Y. ve Serel, A. (2021), “Türkiye Döviz Piyasasında Etkin Piyasalar Hipotezinin Davranışsal Finans Açısından Tespiti”, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 19(3), s.77-93.
- Bodie, Z., Kane, A. and Marcus, A. J. (2009), “Investments”, Tenth Edition, Mc Graw Hill Education, New York.
- Ceylan, A., “İşletmelerde Finansal Yönetim”, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa.
- Champell, Y. John, Andrew W. LO ve Craig Mackinlay. (1996). *The Econometrics of Financial Markets*, Princeton University Press.
- Deckman, R.Thomas ve Morse Dale. (1986). *Efficient Capital Markets and Accounting: A Critical Analysis*, Second Edition, Prentice-Hall.
- Fama, E. F. (1965), “The Behavior of Stock-Market Prices”, *Journal of Business*, 38(1), 34-105.
- Fama, E. F. (1970), “Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work”, *Journal of Finance*, 25(2).
- Hepsağ, A. (2022), “Ekonometrik Zaman Serileri Analizlerinde Güncel Yöntemler (WinRATS Uygulamalı)”, *Der Yayınları*.
- Im, K. S. and Schmidt, T. P. (2008), “More efficient estimation under non-normality when higher moments do not depend on the regressors, using residual augmented least squares”, *Journal of Econometric*, 144, p.219-233.
- Karaşin, A. Gültekin (1987), “Sermaye Piyasası Analizleri”, SPK Yayınları, Ankara.
- Konat, G. (2021), “Yeni Sanayileşmekte Olan Ülkelerde Yenilenebilir Enerji Tüketimi Durağan mı? RALS-LM Testinden Kanıtlar”, *Ekonomi, İşletme ve Maliye Araştırmaları Dergisi*, 3(2), s.180-192.
- Koyuncu, T. ve Aslan, A. (2017), “Etkin Piyasa Hipotezi ve Gelişmiş Borsalar Üzerine Bir Uygulama: Panel Veri Analizi”, *Kapadokya Akademik Bakış*, 1(1), s.17-30.
- Meng, M., Lee, J. and Payne, J. E. (2016), “RALS-LM Unit Root Test with Trend Breaks and Non-Normal Errors: Application to the Prebisch-Singer Hypothesis”, *From the Journal Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, doi/10.1515/snde-2016-0050/html.
- Özdemir, A. ve Çelik, İ. (2020), “Pay Piyasalarında Etkin Piyasalar Hipotezinin Farklı Dağılım Varsayımları Bağlamında Uzun Hafıza Modelleri İle Tespiti: ABD ve Türkiye Karşılaştırması”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 21(1), s. 125-160.
- Sümer, E. ve Aybar, Ş. (2016), “Etkin Piyasalar Hipotezinin, Finansal Piyasaları Açıklamadaki Yetersizliği ve Davranışsal Finans”, *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(2), s.75-84.
- Yıldırım Tıraşoğlu, B. (2014), “Yapısal Kırımlı Birim Kök Testleri ile Oecd Ülkelerinde Satın Alma Gücü Paritesi Geçerliliğinin Testi”, *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 20, s.68-87.
- Yalçın, Ç. K., Çevik, Y. E. ve Tanrıöven, C. (2022), “Yüksek Frekanslı İşlemler Sonrası Borsa İstanbul’da Piyasa Etkinliğinin Test Edilmesi”, *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(1), s.110-119.

**Atıf Biçimi / How cite this article**

Öz, D. (2024). The Efficiency Hypothesis in Financial Markets: An Application over OECD Countries. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 35–45. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1289646>

# Kahve Çekirdeği Kalitesi Sıralamasında TOPSIS Yöntemi Yaklaşımı

## TOPSIS Method Approach in Ranking Coffee Bean Quality

Fatih Boyar<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>(Arş. Gör.), Altınbaş Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İstanbul, Türkiye

### ÖZ

Kahve, petrolden sonra ticareti en çok yapılan ikinci emtiadır. Son yirmi yılda nitelikli kahve alanında önemli gelişmeler olmuştur. Bu gelişmelerle birlikte kahvenin tadı, çekirdeğin kusurları, üretim koşulları, sürdürülebilirlik koşulları gibi birçok konu tartışılmaktadır. Bu çalışmada Kahve Kalitesi Enstitüsü (KKE) (CQI - Coffee Quality Institute) tarafından kabul edilen kahve kalitesi standartları ile kahveler arasında en iyi alternatifin bulunması hedeflenmiştir. KKE veri tabanında bulunan veri, ağ kazıma yöntemi ile Python 3.10.5 programı kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen veride aroma, tat profili, damakta kalıcılık, asitlik, gövde, tat dengesi, tutarlılık, temizlik, tatlılık nitelikleri olumlu yönde etkileyen ölçütler; 1. kategori kusur, 2. kategori kusur ve kavurma sonrası açık renk kalmış nitelikleri kahvenin kalitesini olumsuz yönde etkileyen ölçütlerdir. Alternatifler arasında en iyisinin seçimi için Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) kullanılmıştır. Ağırlıklandırma adımında hem entropi yöntemi hem de eşit ağırlıklandırma ele alınmış, olumlu ve olumsuz yönleri açıklanarak tartışılmıştır.

### ABSTRACT

Coffee is the second-most traded commodity after oil. Quantifying the quality of coffee is a critical topic of research. Many aspects such as the taste of coffee, bean defects, production conditions, and sustainability conditions are considered for rating the quality. In this study, the best alternative method for quality standards accepted by Coffee Quality Institute (CQI) was discussed. The web scraping method and the Python 3.10.5 program was used to obtain the data in the CQI database. Aroma, taste profile, aftertaste, acidity, body, taste balance, stability, cleanliness, sweetness qualities were believed to positively affect quality. First-category defect, second-category defect, and its light color after roasting were considered to negatively affect coffee quality. The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) was used to select the best among the alternatives. In the weighting step, both the entropy method and equal weighting were used, and their positive and negative aspects were explained and discussed.

**Anahtar Kelimeler:** TOPSIS, ağ kazıma, kahve kalitesi

**Keywords:** Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution, web scraping, coffee quality

### EXTENDED SUMMARY

Coffee beans are graded on criteria such as coffee taste and aroma quality as well as visual factors such as the appearance, size, and color tone of beans. Various taste and aroma profile tests have been developed to evaluate coffee quality. Factors such as quality control factors, sustainability, working conditions during production, processing and storage of coffee beans are also considered.

Many standards have been setup in numerous organizations at the international and national level. For example, the International Coffee Organization focuses on many areas such as establishing and implementing quality standards in coffee beans, supporting and guiding coffee producers, developing sustainable coffee standards, and establishing hygiene rules.

Coffee quality institute (CQI) develops and trains cupping protocols used in coffee tasting to assess coffee quality and establish a reference for coffee tasting notes around the world. As of May 2023, more than 8,000 CQI certified grading members (CQI Graders) evaluate coffee in many countries of the world according to CQI standards.

Because of the prevalence of using CQI for grading coffee quality, this study is based on the CQI standard.

Cupping standards developed by CQI are used to evaluate coffee quality. Cupping is a standardized method of tasting coffee.

**Corresponding Author:** Fatih Boyar **E-mail:** fatih.boyar@altinbas.edu.tr

**Submitted:** 16.08.2023 • **Revision Requested:** 26.09.2023 • **Last Revision Received:** 08.11.2023 • **Accepted:** 05.12.2023



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

CQI's cupping standards cover the evaluation of aroma, flavor, aftertaste, acidity, body, balance, uniformity, clean cup, and sweetness.

Apart from the tasting taste grading, imperfections in coffee quality are undesirable properties that can occur in coffee beans during processing or storage and classified as category one and category two defects.

The first category of defects are primary defects that can be detected visually. Category Second defects are defects that are inconspicuous and can only be detected by taste.

Indicators of coffee quality are available in the CQI database. This database includes a unique ID number assigned to each coffee, type, origin, farm name, production altitude, harvest date, grading date, processing technique, and tasting scores.

The data of each type of coffees are kept on separate pages by using an ID number. The web scraping technique was applied to achieve rapid data collection as the data were kept on separate pages for each coffee. Network scraping was performed using Python 3.10.5. The content of the written Python program is presented in APPENDIX-1. Furthermore, web scraping files and data are available at GitHub Platform (GitHub, 2023).

The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method was used for ranking according to coffee grading. This method is an efficient method that is preferred in finding the ideal one in multiple preferences.

Cost attributes have a negative effect on the decision. "Aroma", "Flavor", "Aftertaste", "Acidity", "Body", "Balance", "Uniformity", "Clean Cup", "Sweetness", "Overall" attributes, which are referred to as taste scores in the dataset, have a positive effect. However, "Category One Defects," "Category Two Defects," "Quakers" have a negative effect. In the obtained data set, a total of 207 observations and 13 characteristics of the mentioned coffee quality indicators are presented.

In this study, two calculations were made with the entropy weighting method, in which the attributes have equal importance.

The aforementioned methods were used, and the best choices were suggested using the TOPSIS method according to the coffee quality. A general criterion was presented with the sum of the tasting scores, but this study suggests that a calculation method that considers tasting scores separately and accounting for the error qualities could considerably improve grading.

## Giriş

Kahve, dünya genelinde en yaygın tüketilen içeceklerden biridir ve kahve endüstrisi, birçok ülke için önemli bir ekonomik faaliyettir. Kahve üretimi, kahve kuşağı olarak adlandırılan yaklaşık 25 derece kuzey enlemi ve 30 derece güney enlemi arasında kalan bölgelerde yapılabilmektedir ve özellikle Brezilya, Vietnam, Kolombiya, Endonezya ve Etiyopya gibi ülkelerde yoğunlaşmaktadır. Dünya genelinde yıllık tüketimi 2022 yılında yaklaşık 170 milyon çuvala ulaşmıştır (ICO, 2023). Ayrıca kahve, borsada işlem görmektedir ve petrolden sonra en çok ticareti yapılan emtiadır. Bu ticaret hacmi yıllık toplam 20 milyar doların üzerine çıkmaktadır (ICO, 2023). Kahve ticareti son yüz yılda COVID-19 salgını gibi belirli istisnalar dışında sürekli artış göstermiştir. Piyasanın büyümesi sadece ticaret hacmi ile sınırlı kalmamış; kahvenin kalite standartları, niteliği, üretim koşulları, sürdürülebilirlik problemi gibi birçok konuda gelişme sağlanmıştır.

Kahve çekirdeklerinde kalite standartları, ilk olarak genellikle çekirdeklerin görünümü, boyutu ve renk tonu gibi görsel faktörlere dayanarak değerlendirilmiştir. Ancak zamanla, kahve tadı ve aroma kalitesi, kahve çekirdeklerinin kalitesi için daha önemli bir faktör haline gelmiştir. Bu nedenle, kahve kalitesini değerlendirmek için çeşitli tat ve aroma profili testleri geliştirilmiştir. Günümüzde ise kahve kalitesi kahve çekirdeklerinin üretim, işleme ve depolama süreçlerindeki kalite kontrol faktörleri, sürdürülebilirlik ve çalışma koşulları gibi faktörler de dahil edilerek değerlendirilmektedir.

Kalite standartları, uluslararası ve ulusal düzeyde birçok kuruluş tarafından belirlenir ve uygulanır. Örneğin, Uluslararası Kahve Organizasyonu (International Coffee Organization - ICO), kahve çekirdeklerinde kalite standartları oluşturmak ve uygulamak, kahve üreticilerine destek olmak ve yol göstermek, sürdürülebilir kahve standartları geliştirmek, iyi hijyen kuralları belirlemek gibi birçok alanda çalışmaktadır. Buna ek olarak kahve kalite standartları üzerine, Kahve Bilimleri Vakfı (Coffee Science Foundation - CSF) ve Kahve Kalitesi Enstitüsü (KKE) (Coffee Quality Institute - CQI) gibi çeşitli kuruluşlar da çalışmaktadır.

Kahve sektöründe faaliyet gösteren işletmeler kahve ile ilgili kuruluşların çalışmaları ve ortaya koyulan standartlar ışığında satın alma tercihlerini yönetmektedir. Bu durum özellikle üçüncü dalga (third wave) ve sonrası olarak anılan, çoğunlukla uzman çiftçiler tarafından yetiştirilen nitelikli kahve (specialty coffee) tüketicileri için önem taşımaktadır (SCAA, Specialty Coffee). Kalite standartları zamanla geliştirilmiş, Kahve Kalitesi Enstitüsü'nün (KKE) derlediği tadım (cupping) standartları ve çekirdek kusurları (defects) referans noktası olarak alınan ölçütler olmuştur. Böylelikle satın alma kararında çok kriterli karar verme probleminin ortaya çıktığı düşünülmelidir. Probleme yönelik çok kriterli karar verme modelleri kullanılması, çok değişkenli karmaşıklıkla ele alabilme, büyük miktarda veriyi analiz edebilme, farklı hedefleri optimize edebilme, peşin hükümlere dayalı veya yanlı kararların önüne geçebilme ve kararların açıklanabilir olma katkısı gibi avantajlar sağlayabilmektedir (Belton ve Stewart, 2002). Böylelikle çok nitelikli karar alma modelleri karar sürecinde memnuniyetin artmasını, kararların kalitesinin iyileştirilmesini ve karar sürecinin

verimliliğinin artmasını sağlar (Barfod ve Salling, 2011). Bu çalışmada farklı kahvelerin çoklu nitelikleri verimli bir şekilde ele alınarak kalite sıralaması yapmak ve buna göre satın alma sürecine destek olacak sistematik bir yaklaşım geliştirmek amaçlanmıştır.

Çok kriterli karar alma modellerinden TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) kolay anlaşılır bir mantığı olması, Öklidyen uzaklığı temel alan basit bir matematiği olması, hesaplama sürecinin diğer modellere kıyasla basit olması ve sonuçların hızlı elde edilebilmesi özellikleriyle avantajlı bulunmaktadır (Shih vd., 2007; Boran vd., 2009). Yöntemin zayıf bulunan özellikleri ise Öklidyen uzaklığı temel aldığı için değişkenlerdeki negatif ve pozitif değerlerin fark yaratmaması, bir nitelikteki varyansın diğerlerine kıyasla yüksek olması durumunda hesaplamalarda baskın olmaya yol açması ve niteliklerin ancak varyanslarının birbirinden yüksek oranda değişkenlik göstermemesi durumunda kullanışlı olması olarak özetlenebilir (Siksnelyte-Butkiene vd., 2020). Çalışmada kullanılan veri KKE veri tabanında bulunan nitelikli kahvelerden oluşmaktadır ve gözlemlerin kalite standartları arasında yüksek değişkenlik bulunmamaktadır. Ayrıca göstergeler sadece pozitif değerler ile ifade edilmiştir. Verinin bu özellikleri bakımından TOPSIS yönteminin zayıf bulunan özelliklerinden önemli ölçüde etkilenmeyeceği kabul edilmiştir.

KKE Standartları ve Kahve Kalitesinin Ölçümü başlığında KKE kuruluşu hakkında bilgi verilmiş, kahve kalitesinin ölçümü özetlenmiş, çalışmada neden bu kuruluşun kabul ettiği standartların temel alındığı açıklanmış, kahvenin kalitesini gösteren tadım nitelikleri, olumsuz yönde etkileyen kusurları (defects) ayrıntılı olarak anlatılmıştır. TOPSIS Yöntemi ve Literatürdeki Kullanım Alanları başlığında yöntem açıklanmış, çalışmada kullanılan ağırlıklandırma yöntemleri sıralanmış ve literatürdeki kullanım alanları anlatılmıştır. Veri başlığında KKE veri tabanında uygulanan ağ kazıma (web scraping) işlemi anlatılmış, edinilen veri görselleştirmiş, niteliklerin anlamları açıklanmıştır. TOPSIS Yöntemi Uygulaması başlığında izlenen adımlar sıralanmış ve varılan sonuçlar ortaya konmuştur. Son olarak Sonuç ve Öneriler başlığında ise çalışmanın sonuçları yorumlanarak tartışılmış, çalışmanın özgün değeri ve kısıtları anlatılmıştır.

### **KKE Standartları ve Kahve Kalitesinin Ölçümü**

Kahve çekirdeklerinin kalitesinin ölçümü çeşitli kurumlar tarafından önerilmektedir. 1996 yılında kurulan Kahve Kalitesi Enstitüsü (KKE) (Coffee Quality Institute - CQI) bu konuda özelleşmiş bir kurum olarak karşımıza çıkmaktadır. KKE, kahve endüstrisindeki tüm paydaşlarla birlikte çalışarak, çiftçilerin, işleyicilerin, ihracatçıların, ithalatçıların, kavurucuların ve baristaların kahve kalitesini artırmalarına ve sürdürülebilirliği teşvik etmelerine yardımcı olmayı amaçlamaktadır (Coffee Quality Institute - About).

KKE, çiftçilerin ve üreticilerin kahve üretiminde en iyi uygulamaları takip etmelerini sağlamak için eğitim ve sertifikasyon programları sunmaktadır. Ayrıca, kahve işleme tekniklerini ve kalite kontrol yöntemlerini iyileştirmeye yönelik eğitimler ve kaynaklar da sağlamaktadır. Kaliteyi artırmak için standartlar belirlemekte ve sertifikasyon programları geliştirmektedir. Bu programlara ek olarak kuruluş, kahve kalitesi için uluslararası standartları belirlemek ve kahve endüstrisinde sürdürülebilirliği teşvik etmek için diğer kahve endüstrisi paydaşlarıyla birlikte çalışmaktadır.

KKE, belirtilen faaliyetlerin yanı sıra kahve tadımında kullanılan tadım yapma (cupping) protokollerini geliştirmekte ve eğitimler vermektedir. Bu protokoller, kahve kalitesini değerlendirmek ve dünya genelinde kahve tadım notları için bir referans oluşturmak için kullanılmaktadır. 2023 Mayıs tarihi itibarıyla dünyanın birçok ülkesinde KKE sertifikalı sekiz binin üzerinde derecelendirici üye bulunmaktadır (CQI Graders). Bu üyeler kahve örneklerini temin ederek KKE standartlarına göre deneyip notlandırma yapmaktadırlar. Kahve kalitesinde sıkça başvurulması, bu alanda referans noktası haline gelmiş olması ve kolay erişilebilir veri tabanına sahip olması sebebiyle bu çalışmada KKE standardı temel alınacaktır.

KKE tarafından geliştirilen tadım yapma standartları, kahvenin kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Tadım yapma, kahve tatlarının standartlaştırılmış bir şekilde ortaya konmasını sağlayan bir yöntemdir. KKE'nin tadım yapma standartları, aroma (aroma), tat profili (flavor), damakta kalıcılık (aftertaste), asitlik (acidity), gövde (body), tat dengesi (balance), tutarlılık (uniformity), temizlik (clean cup) ve tatlılık (sweetness) özelliklerinin değerlendirilmesini kapsar (SCAA Cupping Protocols).

1. Aroma (Aroma): Kahvenin kokusunu belirler ve değerlendirir. Aroma, çeşitli tonlarda olabilir ve farklı kahve çeşitleri için farklı olabilir. Yüksek kaliteli kahvelerde, çiçeksi, meyvemsi, baharatlı veya çikolatalı aromalar olabilir.
2. Tat Profili (Flavor): Kahvenin tat profilini değerlendirir. Tat profili, acılık, asidite, tatlılık ve gövde gibi faktörlere dayanır. Yüksek kaliteli kahveler, genellikle zengin ve dengeli bir tat profiline sahiptir.
3. Damakta Kalıcılık (Aftertaste): Kahvenin damakta bıraktığı tat ve aromaları değerlendirir. Uzun, tatlı ve kalıcı bir damakta kalan tat, yüksek kaliteli kahvelerin işareti.
4. Asitlik (Acidity): Kahvenin asiditesini değerlendirir. Asidite, kahvenin lezzetini ve tat profili oluşumunu etkiler. Yüksek kaliteli kahvelerde, asidite, canlı ve parlak bir tada sahip olabilir.
5. Gövde (Body): Kahvenin yoğunluğunu değerlendirir. Yüksek kaliteli kahveler, genellikle dolgun, kremalı bir gövdeye sahip olabilir.



6. Denge (Balance): Kahvenin farklı tat özellikleri arasındaki dengesini değerlendirir. İyi bir tat dengesi, tat profiline zenginlik katar ve kahvenin kalitesini artırır.

7. Tutarlılık (Uniformity): Aynı kahve partisindeki tüm kahve çekirdeklerinin benzer özelliklere sahip olup olmadığını değerlendirir.

8. Temizlik (Clean Cup): Kahvenin temiz ve tatsız olup olmadığını değerlendirir. İyi bir temizlik, kahvenin kalitesini artırır.

9. Tatlılık (Sweetness): Kahvenin doğal tatlılık derecesini değerlendirir. Yüksek kaliteli kahveler, tatlı, karamel veya çikolata gibi tatlılık tonlarına sahip olabilir.

KKE tadım (cupping) standartlarına göre, kahve öğütülür ve özel tadım kaşıkları kullanılarak su ile karıştırılıp demlenir. Kahve, özel bir bardağa alınarak önce kokusu ve ardından tadı değerlendirilir. Bu değerlendirme sonucunda kahvenin kalitesi ve puanı belirlenmektedir. KKE tadım standartları, kahve sektöründe kahvenin kalitesinin değerlendirilmesinde ve uluslararası ticarete standartlaştırılmış bir dil oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Tadım notlandırmasının haricinde kahvenin kalitesinde kusurlar da önemli rol oynamaktadır. Bu kusurlar, kahve çekirdeklerinde işleme veya depolama sırasında meydana gelebilecek istenmeyen özelliklerdir. Kategori bir ve kategori iki kusurlar olarak ikiye ayrılmaktadır (SCA Defects Handbook).

Birinci kategori kusurlar, kahve çekirdeklerinin görsel olarak incelenmesiyle algılanabilen birincil kusurlardır. Bu kusurlar:

1. Siyah çekirdek (black beans): Fermente veya kokuşmuş, kirli, küflü, ekşi, fenolik tatlara sebep olabilir.
2. Ekşi çekirdek (sour beans): Çekirdek fermantasyonunun derecesine bağlı olarak ekşi, fermente ve hatta pis bir tat üretebilir.
3. Mantar hasarı (fungus damage): Fermente, küflü, topraksı, kirli ve fenolik tat üretebilir.
4. Yabancı cisim (foreign material): Yabancı maddelerden kaynaklanan kirlenme yeşil kahveyi etkileyerek çeşitli tat bozukluklarına neden olabilir.
5. Kurumuş meyve veya kabuk (dried cherry or pod): Fermente, küflü veya fenolik tat üretebilir.
6. Böcek hasarı (insect damage): Kavrulmuş çekirdeklerin görünümünü etkiler, özellikle yüksek miktarda bulunursa kirli, ekşi, Rio-vari veya küflü tatlara neden olabilir.

İkinci Kategori kusurlar, hemen göze çarpmayan ve yalnızca tatma yoluyla tespit edilebilen ikincil kusurlardır. Bu kusurlar:

1. Kırık, ufalanmış, kesilmiş çekirdekler (broken, chipped, cut): Topraksı, kirli, ekşi veya fermente tatlara neden olabilir
2. Olgunlaşmamış çekirdek (immature bean): Genellikle saman benzeri veya yeşilimsi tat verir ve kahvede buruk tatlara ana kaynağıdır.
3. Solmuş çekirdek (withered bean): Yeşilin çekirdeğin görünümünü etkiler.
4. Kabuk (shell): Kabuklar çekirdeğin kavrulma aşamasında kömürleşebilir ve yanmış tat üretebilir.
5. Yüzen çekirdek (floater): Fermente, ot ve saman gibi, topraksı, küflü tatlar üretebilir. Veya kötü tatlara neden olmadan kahve aromasını seyreletir.
6. Çekirdeğin zarfı (parchment): Yeşil çekirdeğin görünümünü etkiler, tadım olarak etkide bulunmaz
7. Gövde veya kabuk (hull or husk): Yeterli miktarlarda olursa kirli, topraksı, küflü, fermente veya fenolik tada neden olabilir.

Ayrıca birinci veya ikinci kategori kusurlara dahil olmayan, yeşil kahvenin kavrulması sonucu koyu kahverengi almayan çekirdekler “quakers” olarak nitelenmektedir. Bu kusur çekirdeğin yeşilken fark edilmesi olanaksızdır. Bu sebeple ayrı bir olumsuz nitelik olarak yer almaktadır. Kahve kusurları birinci ve ikinci kategori altında kusur sayısı olarak ifade edilir. Yeşil çekirdeklerde 350 gram örnekleme, kavrulmuş çekirdekte ise 100 gram örnekleme kaç kusurlu çekirdek olduğu yazılmaktadır.

### **TOPSIS Yöntemi ve Literatürdeki Kullanım Alanları**

Tedarikçi, dizayn, lokasyon, kalite gibi birden fazla niteliğe sahip alternatifler arasında seçim yapılacak problemler çok kriterli karar alma problemi olarak tanımlanmaktadır. Bu türden problemler birçok sektörde karşımıza çıkmaktadır. Önerilen çözümler çeşitli sistematik yapılarla inşa edilmiş ve belirli adlarla literatürde çok kriterli karar verme modelleri olarak yerini almıştır. Örneğin WSM (Weighted Sum Model) kriterlerin ağırlıklı toplamalarını hesaplayarak çözüm bulmakta; WPM (Weighted Product Model) WSM'nin çarpım hesabını önermekte; AHP (Analytic Hierarchy Process) kriterlerin ve alternatiflerin önem derecesine göre optimum nokta elde ederek hiyerarşik sıralama sunmakta; PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation) belirlenmiş bir karar kriterine göre alternatiflerin bu kriterden sapmalarını hesaplamakta; ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) aynı anda iki alternatif arasındaki üstünlük ilişkilerini tanımlayarak çözüm önermekte ve PSI (Preference Selection Index) karar kriterleri arasındaki göreceli önemi dikkate almadan en uygun alternatifi bulmayı amaçlamaktadır. TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) en iyi ve en kötü çözüm noktalarına olan Öklidyen uzaklığı hesaplayarak alternatifler için gelişmiş bir karşılaştırma sunmakta; VIKOR (Viekriterijumsko Kompromisno

Rangiranje) ise TOPSIS yönteminin bir çeşit geliştirilmiş bir versiyonu olarak öne çıkmaktadır (Emovon ve Oghenenyerovwho, 2020).

Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen TOPSIS yöntemi, Öklidyen uzaklık hesaplamaları sayesinde alternatiflerin hem en iyi çözüme olan yakınlığı hem de en kötü çözüme olan uzaklığını dikkate almaktadır. Hesaplama süreci basit ve anlaşılır, karar kriterine ve alternatiflerin sayısına bakılmaksızın değişmezdir (Galik vd., 2022). Ancak yöntem, uzaklığı temel aldığı için nitelikler arasındaki korelasyonu hesaplamamaktadır. Ayrıca uzaklıklar iki uç noktalara göre hesaplandığından alternatiflerin birbirine olan uzaklıklar dikkate alınmamaktadır. Yöntemin güçsüz bulunan unsurlarına rağmen birçok sektörde gerçek problemlerin çözülmesinde hızlı, kolay uygulanır ve anlaşılır olması bakımından sıklıkla kullanılmaktadır (Alsalem vd., 2018). Çalışmanın konusu ve verinin niteliği göz önüne alınarak TOPSIS yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

TOPSIS, iki temel kavram üzerine kurulmuştur: pozitif ideal çözüm (PIS: Positive Ideal Solution) ve negatif ideal çözüm (NIS: Negative Ideal Solution). Pozitif ideal çözüm, her kriterde maksimum performansa sahip olan bir alternatifin olduğu noktadır. Negatif ideal çözüm ise, her kriterde minimum performansa sahip olan alternatifin olduğu noktadır. Bu iki çözüm arasındaki mesafe ölçülerek, alternatiflerin bir benzerlik puanı elde edilir (Opricovic & Tzeng, 2004). Benzerlik puanları bize alternatifler arasında bir sıralama sunmaktadır. Pozitif ideal çözüme en yakın olan, alternatifler arasında en iyisi olacaktır. Yöntemin adımları kısaca şu şekilde sıralanabilir (Hwang & Masud, 2012):

1. Karar verme problemi için kriterler belirlenir ve alternatifler belirlenerek standart karar matrisi oluşturulur.
2. Her alternatifin kriterlere göre performans değerleri elde edilir ve normalize edilir. Normalize edilmiş değerler, nicel veya nitel olarak belirlenen ağırlık katsayıları ile ağırlıklandırılır ve karar matrisini oluşturulur.
3. Karar matrisindeki her alternatifin pozitif ideal ve negatif ideal çözümlere olan mesafesi hesaplanır. İdeal çözüme olan mesafe, alternatifin pozitif ideal çözüme olan benzerliğini ölçerken, negatif ideal çözüme olan mesafe alternatifin negatif ideal çözüme olan farkını ölçer.
4. Her alternatif için pozitif ideal çözüme olan mesafe ile negatif ideal çözüme olan mesafe arasındaki oran hesaplanır ve bu oranlar kullanılarak bir benzerlik puanı elde edilir.
5. Benzerlik puanlarına göre alternatifler sıralanır ve en yüksek puan alan alternatif en iyisi olarak seçilir.

Science Direct veri tabanında TOPSIS anahtar sözcüğü ile arama yapıldığında 1 Ekim 2024 itibarıyla 12.536 sonuç bulunmaktadır. Google Scholar sorgulamasında ise yaklaşık 290.000 sonuç çıkmaktadır. Böylelikle yöneme oldukça sık başvurulduğu, üzerinde çalışıldığı anlaşılmaktadır. Çalışmaların geneli hakkında bilgi almak için literatür incelemeleri verimli olmaktadır. Örneğin Behzadian vd. (2012) yöntemin uygulamalarına dair 266 makaleyi kategorilere ayırarak detaylı bir inceleme sunmuşlardır. Bu kategoriler tedarik zinciri yönetimi ve lojistik, tasarım, mühendislik ve üretim sistemleri, işletme ve pazarlama yönetimi, sağlık, güvenlik ve çevre yönetimi, insan kaynakları yönetimi, enerji yönetimi, kimya mühendisliği, su kaynakları yönetimi ve diğer konular olarak dokuza ayrılmıştır. Diğer konular kategorisinin içinde tıp, tarım, eğitim, tasarım, kamu yönetimi ve spor gibi alanlar bulunmaktadır. Ele alınan makalelerin yazarlarının milliyetleri ise çeşitli olmakla birlikte en sık görülen 5 ülke sırasıyla Tayvan, Çin, İran, Türkiye ve Hindistan olmuştur. Yadav vd. (2018) ise çok kriterli karar verme yöntemlerinin üretimde materyal seçiminde endüstri bazlı detaylı bir incelemesini sunmuşlardır. Bu çalışmaya göre de TOPSIS yönteminin benzer şekilde havayolu, otomobil, finans ve bankacılık, gıda, bilgi teknolojileri sektörlerinde başarılı sonuçları bulunduğu gösterilmiştir.

Literatürde TOPSIS ve diğer çok kriterli karar alma yöntemlerinin tarım alanında kullanıldığı görülse de çalışmanın konusu ve kahve kalitesini hemen her nitelikli kahve ile ilgili kuruluşun kabul ettiği tadım puanlarıyla ele alan aynı minvalde bir çalışma bulunmamaktadır. Yine de benzer olarak Borman vd. (2020) robusta türünden kahvelerin nem, heterojenlik seviyesi, böcek içermesi, küflü çekirdek, tohum boyutu gibi çoğunlukla kusur olarak anlaşılacak nitelikleri ele alarak kahvelerin ihracat kalitesinin değerini TOPSIS yöntemiyle hesaplamışlardır. Aryza ve Ulandari (2021) ise kahveleri kalitelere göre sıralamak için TOPSIS yöntemi ile bir öneri getirmişlerdir. Kahve alternatiflerinin verisi, örneklem aldıkları üç kahve çiftliğinden edinilmiş ve kalite göstergeleri olarak uzman görüşünden yararlandıkları belirli üretim unsurları kabul edilmiştir. Bunlar bitkilerin ekim mesafesi, koruyucu bitki olup olmaması, toprak türü, organik gübre türü, böcek ilacı, çekirdek boyutu, çekirdek rengi ve çekirdek kokusu olarak sıralanmaktadır. Bahsedilen çalışmaların analizlerinde ağırlıklandırma aşamasında entropi yöntemi kullanılmamış, hem niteliklerin belirlenmesinde hem de ağırlıklarında uzman görüşüne başvurulmuştur. Özellikle yüksek kaliteli kahve alanında kahvenin kriterlerinin çoğalması ve bu kriterlerin genel kabul görmüş bir standarda evrilmesi, niteliklerin ağırlıklandırılmasında entropi gibi objektif değerlendirmenin önemini artırmıştır.

Kahve konusu daha geniş tutulduğunda, Hutasoit vd. (2018)'nin barista seçimi için TOPSIS metodu kullanıp çözüm önerdikleri görülmüştür. Baristalar kahve bilgisi, tadım becerisi, çeşitli kahve tarifleri becerileri, iş deneyimi, araç-gereçleri kullanma becerisi ve latte sanatı becerisi olarak altı kriter ile ele alınmıştır. Böylelikle kafelere barista seçimi için bir çözüm önerisi sunulmuştur. Thi-Nga Do vd. (2019) yaptıkları çalışmada Vietnam kahve endüstrisinin kritik parametrelerini belirlemek ve bunları etkili bir sürdürülebilir kalkınma için sıralamak üzere kapsamlı bir yapısal ilişki geliştirmeyi amaçlamışlar ve TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Sonucunda pazarlama ve marka inovasyonu, ürün kalitesi, stratejik planlama ve uygulama en önemli üç parametre

olarak ortaya konurken, yeni teknoloji geliştirme, tedarik zinciri ve lojistik yönetimi ile ittifak (joint-venture) en sondaki üç parametre olarak belirlenmiştir. Siregar (2019) ve Shanker vd. (2022)'nin çalışmalarında ise kahve sektöründe çalışan firmalar için lojistik problemlerin riskini yönetme konusu TOPSIS yöntemi ile incelenmiştir.

## Veri

Kahve kalitesinin göstergesi olarak KKE standartları baz alınarak derecelendirilmiş nitelikli kahveler, KKE veri tabanında bulunmaktadır (CQI Database). Bu veri tabanında her kahveye verilen özgün bir ID numarası, kahve cinsi, menşei, çeşitliğin adı, üretimin rakımı, hasat tarihi, derecelendirme tarihi, işleme tekniği ve önceki başlıkta anlatılan tadım puanları yer almaktadır. Ayrıca kahvenin kusur derecesi ve bu kusurların sayısı da yer almaktadır.

Nitelikli kahve konusundaki terimler baskın şekilde İngilizce dilinde şekillenmiştir. Böylelikle çalışmada terimlerin Türkçe çevirileri yapılmıştır. Ancak hemen her çeviride olduğu gibi terimlerin anlam karşılıkları her zaman tam olarak aktarılamaz. Örneğin “clean cup” niteliği aslında bir çeşit duruluk, berraklık, temiz veya homojen gibi anlamları olsa da bu anlamı tek kelime ile çevirmek güçtür. Benzer olarak kusur niteliklerinden biri olan “quaker” teriminin çevirisi yapılamamış ve olduğu gibi bırakılmıştır.

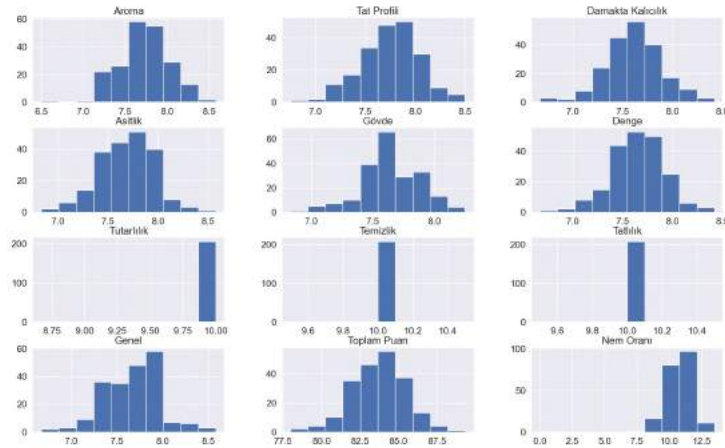
### Veri Toplama Yöntemi

Veri tabanına ulaşmak için üye olmak gerekmektedir. Kahvelerin her birinin verisi ID numarası verilerek ayrı sayfalarda tutulmuştur. Veri, her kahve için ayrı sayfalarda tutulduğundan hızlı veri toplama gerçekleştirmek için ağ kazıma (web scraping) tekniği uygulanmıştır. Ağ kazıma, Python 3.10.5 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yazılan Python programının içeriği EK-1’de sunulmuştur. Ayrıca ağ kazıma dosyalarına ve veriye GitHub platformundan ulaşılabilir (GitHub, 2023).

### Keşifsel Veri Analizi

Keşifsel veri analizi, veri setlerindeki desenleri, ilişkileri ve anlamlı bilgileri ortaya çıkarmak için istatistiksel ve görsel analiz yöntemlerini kullanır. Bu analiz yöntemleri, araştırmacılara veri setlerini anlamak, içgörüler elde etmek ve gelecekteki eylemler ve kararlar için temel sağlamak için kullanılabilir. Bu analizin temel amacı, verilerdeki bilgileri sistematik bir şekilde keşfetmek ve anlamaktır. Bu süreçte, veri setlerinin görselleştirilmesi, özetlenmesi ve modelleme tekniklerinin kullanılması önemlidir. Çalışmada kullanılan kahve kalitesi verisi için de birtakım görselleştirmeler faydalı olacaktır.

Kahvenin kalitesine işaret eden tadım puanları, veri setinde kantitatif niteliklerdendir. Bu nitelikler: “Aroma”, “Flavor”, “Aftertaste”, “Acidity”, “Body”, “Balance”, “Uniformity”, “Clean Cup”, “Sweetness”, “Overall”, “Total Cup Points” olarak sıralanır. Çalışmanın dil bütünlüğünü korumak için nitelikler sırasıyla “Aroma”, “Tat Profili”, “Damakta Kalıcılık”, “Asitlik”, “Gövde”, “Denge”, “Tutarlılık”, “Temizlik” ve “Tatlılık” olarak çevrilmiştir. Tadım notlarına ek olarak çekirdeğin nem oranı da ele alınarak Şekil 1’de dağılımları gösterilmiştir.

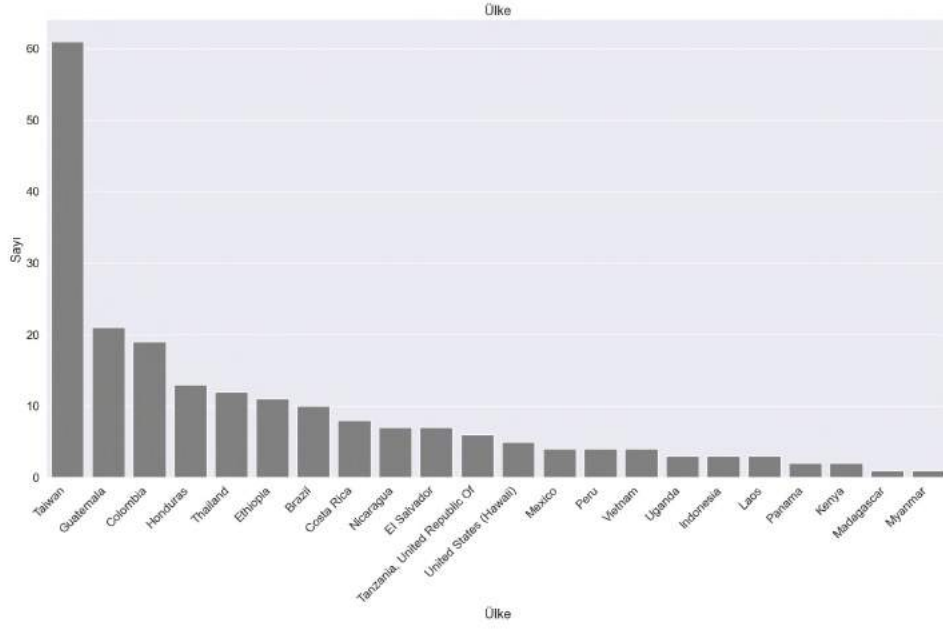


Şekil 1. Kahve niteliklerinin dağılımları

Tadım puanlarının hemen hepsi yaklaşık normal dağılmakta ve ortalaması 7.5 ve 8 arasında olduğu görülmektedir. Nem oranı %8 - %12 aralığında yoğunlaşmaktadır. İstikrar, temizlik ve tatlılık nitelikleri ise 10.0 olarak tek değere sahiptir.

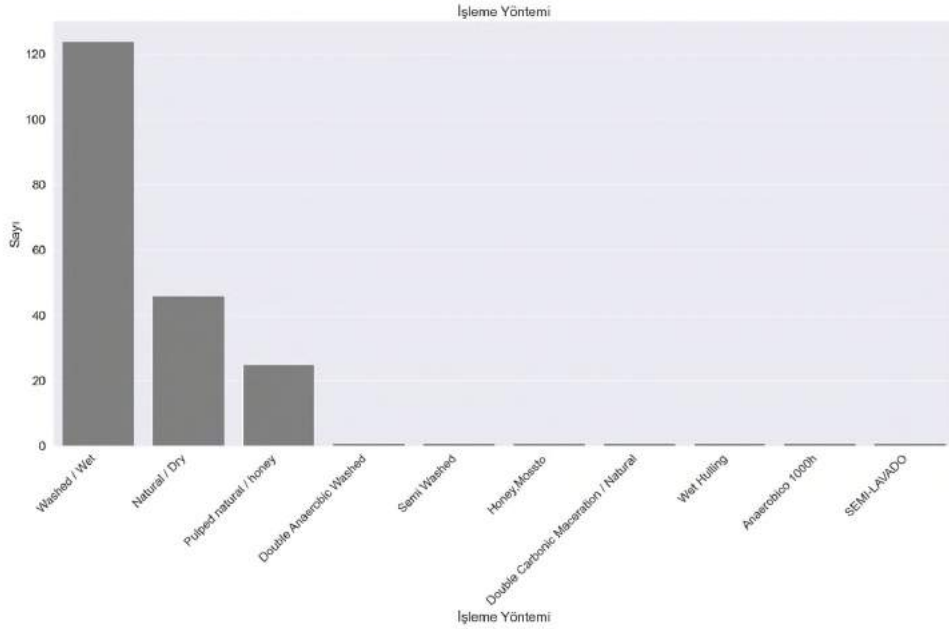
Şekil 2’de ise kantitatif verilerde kahvenin kusur sayılarının dağılımı görülmektedir. Büyük çoğunlukla kusursuz olup daha az sayıda birkaç kusur gözlenmektedir.





Şekil 4. Menşei ülke sıralaması

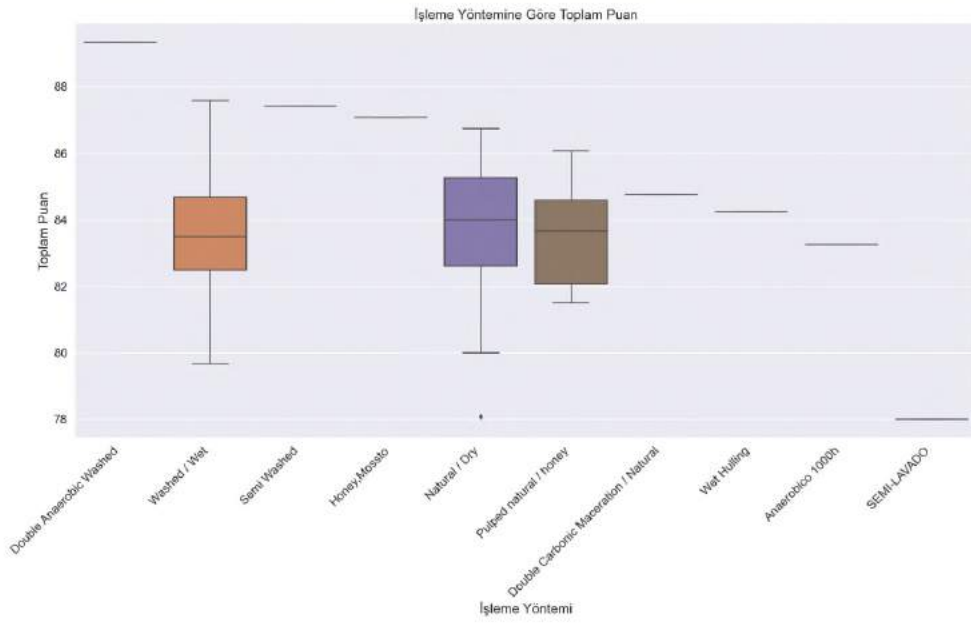
İşleme tekniğinde yıkanmış (washed/wet), natürel (natural/dry), ve bal (pulped natural/honey) metotları en yaygınlarıdır ve diğer metotlar sınırlı kalmıştır. Dağılım 5. Şekilde verilmiştir.



Şekil 5. İşleme tekniği sıralaması

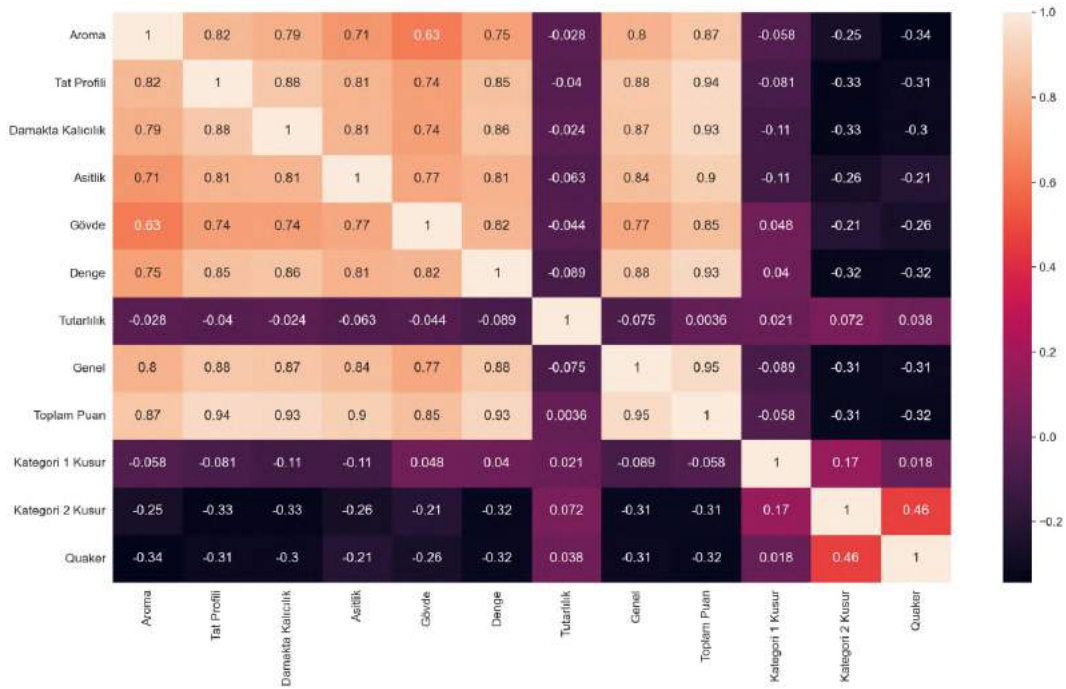
6. ve 7. Şekillerde toplam tadım puanlarının kahve cinsine göre dağılımları kutu diyagramı ile gösterilmiştir. Birçok kahve cinsinin veri setinde sayısı az olduğundan kutu diyagramları çizilememiştir. Ancak, yaygın kullanılan kahve cinsleri için ortalama ve uç değerleri ve bu kahve cinslerinin toplam puanlarında sıralamaları için bilgi sunmaktadır.





Şekil 8. İşleme yöntemine göre toplam tadın puanları

Kantitatif niteliklerin korelasyonlarını gösteren tablo 9. Şekilde gösterilmiştir. Beklenildiği üzere kusur olarak tanımlanan değişkenler, tadım puanları ile negatif korelasyona sahiptir. Tadım puanları ise kendi arasında pozitif korelasyona sahiptir.



Şekil 9. Korelasyon tablosu

### TOPSIS Yöntemi Uygulamas

Kahve kalitesinde bahsi geçen tadım puanları toplanıp basit bir şekilde genel bir sonuç olarak toplam puan kullanılabilir. Ancak niteliklerin eşit öneme sahip olabileceği gibi tadım puanlarının tüketiciler tarafından farklı önem dereceleri olabilir. Bu durum çok kriterli karar vermede niteliklerin ağırlıklandırılması adımı gerektirmektedir. Ağırlıklandırmada subjektif ve objektif olarak iki farklı yaklaşımın olduğu kabul edilebilir (Wang ve Lee, 2009). Subjektif ağırlıklandırmada tüketici tercihi, uzman görüşü gibi bilgiler kullanılmaktadır. Objektif ağırlıklandırmada ise karar vericinin görüşleri dikkate alınmadan matematiksel modeller otomatik olarak çözülerek ağırlıklar belirlenir.

Objektif bir ağırlıklandırma olarak Huang (2008) tarafından önerilen entropi yöntemi, Shannon entropi konseptini (Shannon, 1948) temel almaktadır. Shannon entropisi, “bir sistem hakkında kısmi bilgi verildiğinde belirli bir olayın meydana gelme belirsizliğinin bir ölçüsünün önerildiği bir kavramdır” (Pernalet vd., 2015). Yani kısaca bir veride veya dizideki düzensizliğin ölçütü olarak önerilmektedir. Shannon entropi hesaplaması çok kriterli karar alma modellerine yakın geçmişte entegre olsa da oldukça geniş bir araştırma yelpazesinde uygulama alanı bulmuş, çok kriterli karar alma yöntemlerinde de objektif bir ağırlıklandırma yöntemi olarak kullanılmaktadır (Chen, 2021). Örneğin risk değerlendirmede (Jozi vd., 2012), ürün dizaynında (Tiwari vd., 2019), ülkelerin inovasyon performansları karşılaştırmasında (Kaynak vd., 2017), yeşil teknoloji inovasyonlarının ekolojik ve ekonomik verimlilik değerlendirmesinde (Sun vd., 2017) doğrudan entropi ağırlıklandırma kullanılmıştır. Bu yaklaşımda entropi değerinin, yani bir çeşit düzensizliğin yüksek olduğu kriterlerin önem derecesinin de yüksek olacağı kabul edilmiştir. Kriterlerin görece daha az düzensiz veya tekdüze olması bu kriterlerin sahip olduğu alternatifleri için daha az bilgi verecektir. Bu çalışmada TOPSIS uygulamasında, niteliklerin eşit öneme sahip olduğu ve entropi uygulamalarıyla iki farklı ağırlıklandırma kullanılacaktır.

Bir nitelik karar almak için olumlu olabileceği gibi bir maliyet niteliği de olabilir. Yani maliyet nitelikleri kararda negatif etki yaratacaktır. Veri setinde tadım puanları olarak geçen sırasıyla “Aroma”, “Tat Profili”, “Damakta Kalıcılık”, “Asitlik”, “Gövde”, “Denge”, “Tutarlılık”, “Temizlik”, “Tatlılık” ve “Genel” niteliklerinin pozitif etkisi olacak, ancak “Kategori 1 Kusur”, “Kategori 2 Kusur” ve “Quakers” olarak adlandırılmış kusur niteliklerinin negatif etkisi olacaktır. Elde edilen veri setinde toplam 207 gözlem ve bahsi geçen kahve kalitesi göstergeleri 13 nitelik bulunmaktadır.

### Entropi Ağırlıklandırma ile TOPSIS Uygulamas

Entropi yöntemi niteliklerin entropi değerlerine dayalı olarak ağırlıkların hesaplamaktadır. Entropi değeri küçük olan bir nitelik, bu niteliğin ağırlığının daha büyük olmasını gerektirir. Yöntemin hesaplama adımları (Chen, 2019):

1. Karar matrisinin oluşturulması (R),
2. Karar matrisinin normalize edilmesi (R'),
3. Niteliklerin entropi değerlerinin hesaplanması ( $e_j$ ) ve
4. Niteliklerin entropi ağırlıklarının bulunması ( $w_j$ ).

TOPSIS yöntemini adımları ise (Hwang ve Yoon, 1981):

1. Karar matrisinin oluşturulması (P),
2. Karar matrisinin normalize edilmesi (P'),
3. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin hesaplanması (V),
4. Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerlerinin belirlenmesi ( $A^+$  ve  $A^-$ ),
5. Her alternatifin pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre uzaklığının hesaplanması ( $S_i^+$  ve  $S_i^-$ ),
6. Alternatiflerin göreceli yakınlığının hesaplanması ( $C_i$ ) ve
7. Alternatiflerin hesaplanan göreceli yakınlığına göre sıralanmasıdır.

*Entropi yöntemi adımları ve kullanılan formüller*

1. Adım: Karar matrisinin oluşturulması

m sayıda alternatif ve n sayıda nitelik bulunan veride  $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için kurulan matrisin gösterimi formül (1)'de gösterilmiştir:

$$R = \{r_{ij}\} = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

2. Adım: Karar matrisinin normalize edilmesi



Entropi değerlerinin hesaplanmasında matrisin her niteliği için normalize edilmesi gerekmektedir.  $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için  $r'_{ij}$ ,  $i$  alternatifinin  $j$  niteliğindeki normalize edilmiş değerleri,  $R'_{ij}$  ise normalize edilmiş matrisi ifade etmektedir. Kullanılan formül (2)'de verilmiştir.

$$R'_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (2)$$

### 3. Adım: Niteliklerin entropi değerlerinin hesaplanması

Niteliklerin entropi değerlerinin bulunması için kullanılan formül (3)'te verilmiştir.

$k=(\log m)^{-1}$ : Entropi katsayısı,  
 $r'_{ij}$ : Normalize edilmiş değerler,  
 $e_j$ : Entropi değeri ve  
 $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için:

$$e_j = -k \sum_{j=1}^n r'_{ij} \log r'_{ij} \quad (3)$$

Entropi hesaplamasında logaritma işlemi olduğundan verideki 0 değerleri hesaplamayı güçleştirmektedir. Bu sıfır değerleri sadece kusur olarak belirtilen niteliklerde yer almaktadır. Bu sebeple normalize etmeden önce bu niteliklerin hepsine 1 eklenmiştir. Nitelik içinde alternatifler arasındaki kusur farkları değişmemiş olacak ve bu sayede 0 logaritma işleminden kaçınılmış olacaktır.

### 4. Adım: Niteliklerin entropi ağırlıklarının bulunması

Son olarak niteliklerin entropi değerlerine göre ağırlık katsayıları bulunacak ve TOPSIS yönteminin 3. adımındaki ağırlıklandırılmış karar matrisinin hesaplanmasında kullanılacaktır. Kullanılan formül (4)'te verilmiştir.

$d_j=1-e_j$ : Bilginin farklılaşma değeri,  
 $w_j$ : Entropi katsayısı ve  
 $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (4)$$

Formülün ifade ettiği üzere entropi değeri ( $e_j$ ) yüksek olan niteliğin, bilginin farklılaşma değeri ( $d_j$ ) düşük olacak ve bu niteliğin de ağırlığı ( $w_j$ ) görece daha düşük olacaktır.

### *TOPSIS yöntemi adımları ve kullanılan formüller*

#### 1. Adım: Karar matrisinin oluşturulması:

$m$  sayıda alternatif ve  $n$  sayıda nitelik bulunan veride  $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için kurulan matrisin gösterimi formül (5)'te gösterilmiştir:

$$p = \{p_{ij}\} = \begin{bmatrix} p_{11} & \dots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & \dots & p_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

2. Adım: Karar matrisinin normalize edilmesi: Niteliklerin birbiri ile kıyaslanabilmesi için karar matrisin her niteliği için normalize edilmesi gerekmektedir.  $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için  $p'_{ij}$ ,  $i$  alternatifinin  $j$  niteliğindeki normalize edilmiş değerleri ifade etmektedir. TOPSIS yönteminde toplam normalizasyonu, vektör normalizasyonu ve min-max normalizasyonu gibi farklı yaklaşımlar görülse de Hwang ve Yoon (1981)'un önerdiği şekilde vektör normalizasyonu kullanılmıştır. Kullanılan formül (6)'da verilmiştir.

$$p'_{ij} = \frac{p_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m p_{ij}^2}} \quad (6)$$

### 3. Adım: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin hesaplanması

Entropi yöntemi ile elde edilen ağırlıklar, normalize edilmiş karar matrisi ile çarpılarak ağırlıklandırılmış değerler bulunmuştur. Kullanılan formül (7)'de verilmiştir.

$v_{ij}$ : Ağırlıklandırılmış değerler,  
 $p'_{ij}$ : Normalize edilmiş değerler,  
 $w_j$ : Niteliklerin entropi ağırlıkları ve  
 $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için

$$v_{ij} = p'_{ij} \times w_j \quad (7)$$

### 4. Adım: Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerlerinin belirlenmesi

Alternatiflerin pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerleri sırasıyla formül (8) ve formül (9) ile bulunmuştur. Verideki kategori 1 kusur, kategori 2 kusur ve quaker olarak adlandırılan nitelikler olumsuz etkidedir.

$A^+$ : Pozitif ideal çözüm,  
 $A^-$ : Negatif ideal çözüm,  
 $J_+$ : Faydalı nitelikler kümesi,  
 $J_-$ : Zararlı nitelikler kümesi,  
 $v_j^+$ : j niteliğinin pozitif ideal çözümü,  
 $v_j^-$ : j niteliğinin negatif ideal çözümü ve  
 $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için:

$$A^+ = \left\{ \left( \max_i v_j \mid j \in J_+ \right), \left( \min_i v_j \mid j \in J_- \right) \right\} = v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+ \quad (8)$$

$$A^- = \left\{ \left( \min_i v_j \mid j \in J_+ \right), \left( \max_i v_j \mid j \in J_- \right) \right\} = v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^- \quad (9)$$

### 5. Adım: Her alternatifin pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre uzaklığının hesaplanması

Alternatiflerin her bir nitelik göz önüne alınarak pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanmaktadır. Hesaplamalar sırasıyla formül (10) ve (11)'de verilmiştir.

$s_i^+$ : Pozitif ideal çözüme uzaklık,  
 $s_i^-$ : Negatif ideal çözüme uzaklık,  
 $v_{ij}$ : Ağırlıklandırılmış değerler,  
 $v_j^+$ : j niteliğinin pozitif ideal çözümü,  
 $v_j^-$ : j niteliğinin negatif ideal çözümü ve  
 $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (10)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (11)$$

#### 6. Adım: Alternatiflerin göreceli yakınlığının hesaplanması

Göreceli yakınlığın değeri alternatiflerin göreceli üstünlüğünü yansıtmaktadır. Daha büyük bir yakınlık değeri ( $C_i$ ), alternatifinin nispeten daha iyi olduğunu gösterirken, daha küçük değer, bu alternatifin nispeten daha zayıf olduğunu göstermektedir. Yakınlık değerinin hesaplanmasında kullanılan formül (12)'de verilmiştir.

$C_i$ : Göreceli yakınlık değeri,

$s_i^+$ : Pozitif ideal çözüme uzaklık,

$s_i^-$ : Negatif ideal çözüme uzaklık ve

$i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için:

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (12)$$

#### 7. Adım: Alternatiflerin hesaplanan göreceli yakınlığına göre sıralanması

Bulunan göreceli yakınlık değerleri ile alternatifler sıraya alınır. Kullanılan ölçüte göre en iyi alternatifler belirlenir. Entropi ağırlıklandırma ile uygulanan TOPSIS metoduna göre, her uzaklık hesabı için en iyi alternatifler sıralanmıştır. Niteliklerin entropi yöntemine göre ağırlıkları Tablo 1'de sıralanmıştır. Kategori 2 kusur, quaker ve kategori 1 kusur baskın rol oynamakta, toplam ağırlığın %90'ından fazlasını oluşturmaktadır. Toplam 207 alternatiften en iyi bulunan ilk 5 tanesi Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Nitelikler ve entropi ağırlıkları

Nitelikler	Entropi Ağırlığı
Aroma	0.00098507
Tat profili	0.00092614
Damakta kalıcılık	0.00093635
Asitlik	0.00080797
Gövde	0.00066369
Tat dengesi	0.00079872
Tutarlılık	0.0000789
Temizlik	0
Tatlılık	0
Genel	0.00112993
Kategori 1 kusur	0.11704606
Kategori 2 kusur	0.46101159
Quaker	0.41561558

Takip edilen adımların hesaplamaları Python 3.10.5 programında yapılmıştır ve kullanılan kodlar EK-2'de sunulmuştur.

#### Eşit Ağırlıklandırma ile TOPSIS Uygulaması

Kahvelerin kalitesine göre sıralamak için tadım puanları ve kusur sayıları niteliklerinin eşit öneme sahip olduğu kabul edilebilir. Bu varsayım kabul edildiğinde, veri normalize edildikten sonra ağırlık katsayısı ile çarpılmadan devam edilir. Takip edilen adımlar yine TOPSIS yönteminin 7 adımı olarak düşünülebilir, sadece ağırlıklandırma adımı es geçilecektir.

1. Karar matrisinin oluşturulması (R),
2. Karar matrisinin normalize edilmesi (R'),
3. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin hesaplanması (V) (bu adım es geçilecektir),

4. Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerlerinin belirlenmesi ( $A^+veA^-$ ),
5. Her alternatifi pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre uzaklığının hesaplanması ( $S_i^+$  ve  $S_i^-$ ),
6. Alternatiflerin göreceli yakınlığının hesaplanması ( $C_i$ ) ve
7. Alternatiflerin hesaplanan göreceli yakınlığına göre sıralanmasıdır.

Takip edilen adımlarda kullanılan formüller, önceki bölümde ifade edilen formüller ile aynıdır. Verinin normalize edilmesi için kullanılan formül (6)'da belirtilen vektör normalizasyonudur. Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerlerini bulmak için kullanılan formül sırasıyla (8) ve (9)'da verilmiştir. Uzaklık ölçüleri sırasıyla (10) ve (11)'de belirtilen formüller ile hesaplanmıştır.

**Tablo 2.** Entropi ağırlıklandırma ile bulunan en iyi beş alternatif

ID	Üretildiği Ülke	Çiftlik Adı	Şirket	Bölge	Sahibi	Cinsi	İşlem Metodu
115	Thailand	Doi Tung Development Project	Doi Tung Development Project	North of Thailand	Doi Tung Development Project	Bourbon	Washed / Wet
0	Colombia	Finca El Paraiso	Coffee Quality Union	Piendam, Cauca	Coffee Quality Union	Castillo	Double Anaerobic Washed
1	Taiwan	Royal Bean Geisha Estate	Taiwan Coffee Laboratory	Chiayi	Taiwan Coffee Laboratory 台灣咖啡研究室	Gesha	Washed / Wet
7	Taiwan	七彩琉璃咖啡莊園 Chi Tsai Liu Li Ecological Farm	Taiwan Coffee Laboratory	Chiayi	Taiwan Coffee Laboratory 台灣咖啡研究室	SI34+Gesha	Natural / Dry
53	Tanzania, United Republic Of	IYENGA	VOLCAFE/TaylorWinch Tanzania Ltd	Mbeya	Balam Hinyula	Bourbon	Washed / Wet

**Tablo 3.** Eşit ağırlıklandırma ile bulunan en iyi beş alternatif

ID	Üretildiği Ülke	Çiftlik Adı	Şirket	Bölge	Sahibi	Cinsi	İşlem Metodu
116	Ethiopia	YHAENU PLC FARM	yaenu plc	OROMIA	YHAENU PLC	Ethiopian Heirlooms	Washed / Wet
0	Colombia	Finca El Paraiso	Coffee Quality Union	Piendam, Cauca	Coffee Quality Union	Castillo	Double Anaerobic Washed
1	Taiwan	Royal Bean Geisha Estate	Taiwan Coffee Laboratory	Chiayi	Taiwan Coffee Laboratory 台灣咖啡研究室	Gesha	Washed / Wet
8	Taiwan	亮軒咖啡莊園 Liang Xuan Coffee Farm	Taiwan Coffee Laboratory	Chiayi	Taiwan Coffee Laboratory 台灣咖啡研究室	SL34	Washed / Wet
61	Costa Rica	Gamboia Farm	CECA S.A.	Tarrazu	Joselyn Morales Quesada	Caturra	Washed / Wet

Alternatiflerin göreceli yakınlığının hesaplanmasında kullanılan formül ise (10)'da gösterilmiştir. Hesaplamalar Python 3.10.5 programında yapılmıştır. Kullanılan kodlar EK-2'de sunulmuştur. Toplam 207 alternatiften eşit ağırlıklandırma sonucu en iyi bulunan ilk 5 alternatif Tablo 3'te gösterilmiştir.

## Sonuç

Nitelikli kahvelerin kalitesinin ölçümünde 10 farklı tadım puanı ve 3 ayrı kategori kusur türü bulunmaktadır. Tadım puanlarının toplamı ile genel bir ölçüt sunulmaktadır ancak tadım puanlarını ayrı ayrı dikkate alan hem de kusur niteliklerini hesaba katan bir hesaplama yönteminin kayda değer olacağı bu çalışma ile öne sürülmüştür.

Çalışmada hem entropi ağırlıklandırma hem de eşit ağırlıklandırma yaklaşımı ile hesaplamalar yapılmıştır. Entropi ağırlıklandırma verinin kendisinden hesaplanmakta objektif bir ağırlıklandırma imkânı sunmaktadır. Bu çalışmada tadım puanlarının entropisinin yüksek olması, kusur niteliklerinde ise entropinin az olması bu kusur niteliklerinin baskın olmasına yol açmıştır. Üç kusur niteliğinin toplam ağırlığı %75'e ulaşırken 10 farklı tadım puanı niteliğine toplam %25 ağırlık payı kalmıştır. Kullanılan veri setinde kusur kategorilerinde çok sayıda 0 değeri bulunmakta ve entropi değeri hesaplamasındaki logaritma işleminde güçlükle yaratmaktadır. Bu sebeple probleme sebep olan niteliklerde bütünü bozmayacağı kabul edilecek şekilde kusur niteliklerinde tüm alternatifler için 1 eklenmiştir. Bunun dışında veride bir değişiklik yapılmamıştır.

Eşit ağırlıklandırma yapılan hesaplamada tüm nitelikler eşit öneme sahiptir. Kahve kalitesini belirleyen ölçütlerin önemi eşit alınabileceği gibi, belirli bağlamlarda farklı niteliklerin önemi artırılabilir. Örneğin bir pazarda tüketicinin tercih ettiği tat profiline göre bu seçim özelleştirilebilir. Bu şekilde daha detaylandırılmış bir karar çalışması için o pazardaki satıcıların ve uzmanların görüşü alınabilir. Çalışmada, maddi ve zaman kısıtları sebebiyle uzman görüşü ile belirlenen subjektif bir ağırlıklandırma işlemi yapılmamıştır.

Elde edilen bulgulara göre KKE veri tabanında 2023 Mayıs itibarıyla bulunan alternatifler, sadece toplam puanlarına göre değil tüm kalite göstergeleri hesaba alınarak sıralanmıştır. İlk 5 alternatifte Etiyopya, Kolombiya, Tayvan, Tayland ve Kosta Rika menşelidir.

kahvelere rastlanmıştır. İşleme yöntemi olarak doğal işleme (natural/dry), çift anaerobik yıkanmış (double anaerobic washed) gibi görece yeni yöntemler görülse de çoğunlukla yıkanmış (washed/wet) görülmektedir. Ayrıca kahvelerin üretici çiftlikleri, şirketleri ve sahipleri bilgileri yer almaktadır. Entropi ve eşit ağırlıklandırma yöntemlerinde bulunan sıralamada aynı kahveler denk gelse de sıralama farklılaşmaktadır. Bunun sebebi entropi yönteminde kusur niteliklerinin ağırlığının daha yüksek olması ve hata sayısının az olduğu alternatiflerin sıralamada yukarı çıkmasıdır. Yani KKE veri tabanında bulunan nitelikli kahvelerin zaten hata sayısı oldukça düşük, çoğunlukla sıfır olduğundan hata sayısında daha yüksek görülen kahveler alt sıralara düşmüştür. Bu kusur niteliklerinin sıralamada baskın rol oynadığını göstermektedir. Eşit ağırlıklandırmada ise tadım puanları ve kusurlar eşit olarak değerlendirilmiştir.

Tüketiciler ve kahve pazarında çalışan firmalar, nitelikli kahve özelinde satın alma kararlarını kahvenin kalitesini gösteren birçok kriteri hesaba katarak verebilirler. TOPSIS bu bağlamdaki problemlerde sıkça kullanılan, anlaşılması kolay ve başarılı çözümler sunan bir yöntem olarak süregelmiştir. Ayrıca hesaplama adımlarında niteliklerin önemini belirleyen ağırlıklandırmalar hem subjektif biçimde uzman görüşüyle hem de entropi yöntemi gibi objektif biçimde hesaplanabilmektedir. Literatürde birçok alanda kullanıldığı görülse de bu çalışmanın konu aldığı biçimde nitelikli kahvenin kalitesini dikkate alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bakımdan hem veri toplama yöntemi hem de karar alma için örnek teşkil edeceği öne sürülmüş, farklı veri tabanlarında bulunan benzer bir kahve verisi için de kullanıma uygun bir yöntem önerilmiştir.

---

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Çıkar Çatışması:** Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer Review:** Externally peer-reviewed.

**Conflict of Interest:** The author has no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The author declared that this study has received no financial support.

---

**ORCID:**

Fatih Boyar 0000-0001-8631-4585

**KAYNAKLAR / REFERENCES**

- Alsalem, M. A., Zaidan, A. A., Zaidan, B. B., Hashim, M., Albahri, O. S., Albahri, A. S., ... & Mohammed, K. I. (2018). Systematic review of an automated multiclass detection and classification system for acute Leukaemia in terms of evaluation and benchmarking, open challenges, issues and methodological aspects. *Journal of medical systems*, 42, 1-36.
- Aryza, S., & Ulandari, L. (2021). Analysis of technique for order preference by similarity to ideal solution in detecting coffee bean quality.
- Chen, P. (2019). Effects of normalization on the entropy-based TOPSIS method. *Expert Systems with Applications*, 136, 33-41.
- Chen, P. (2021). Effects of the entropy weight on TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 168, 114186.
- Coffee Quality Institute Database. <https://database.coffeeminstitute.org/coffees/arabica> 01/05/2023
- Coffee Quality Institute Graders. Q ARABICA GRADERS. <https://database.coffeeminstitute.org/users/graders/arabica> 10/05/2023
- Barfod, M. B., Salling, K. B., & Leleur, S. (2011). Composite decision support by combining cost-benefit and multi-criteria decision analysis. *Decision support systems*, 51(1), 167-175.
- Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17), 13051-13069.
- Belton, V., & Stewart, T. (2002). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Springer Science & Business Media.
- Boran, F. E., Genç, S., Kurt, M., & Akay, D. (2009). A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. *Expert systems with applications*, 36(8), 11363-11368.
- Borman, R. I., Megawaty, D. A., & Attohiroh, A. (2020). Implementasi Metode TOPSIS Pada Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Biji Kopi Robusta Yang Bernilai Mutu Ekspor (Studi Kasus: PT. Indo Cafa Fajar Bulan Lampung). *Fountain of Informatics Journal*, 5(1), 14-20.
- Do, T. N., Kumar, V., & Do, M. H. (2020). Prioritize the key parameters of Vietnamese coffee industries for sustainability. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(6), 1153-1176.
- Emovon, I., & Oghenyerovwho, O. S. (2020). Application of MCDM method in material selection for optimal design: A review. *Results in Materials*, 7, 100115.
- GitHub, (2023) ağ kazıma ve elde edilen verinin olduğu kütüphane. <https://github.com/fatih-boyar/coffee-quality-data-CQI> 23/07/2023
- Galik, A., Bık, M., Baładynowicz-Panfil, K., & Cirella, G. T. (2022). Evaluating labour market flexibility using the TOPSIS method: Sustainable

- industrial relations. *Sustainability*, 14(1), 526.
- Huang, J. (2008, September). Combining entropy weight and TOPSIS method for information system selection. In *\_2008 ieee conference on cybernetics and intelligent systems\_* (pp. 1281-1284). IEEE.
- Hutasoit, R. A., Solikhun, S., & Wanto, A. (2018). Analisa Pemilihan Barista dengan Menggunakan Metode TOPSIS (Studi Kasus: Mo Coffee). *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer)*, 2(1).
- Hwang, C. L., & Masud, A. S. M. (2012). *\_Multiple objective decision making—methods and applications: a state-of-the-art survey\_* (Vol. 164). Springer Science & Business Media.
- Hwang, C. L., Yoon, K., (1981). Methods for multiple attribute decision making. *Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey*, 58-191.
- International Coffee Organization. Coffee Market Report-April 2023. <https://www.icocoffee.org/documents/cy2022-23/cmr-0423-e.pdf> 09/05/2023
- International Coffee Organization. Mission. [https://www.ico.org/mission07\\_e.asp?section=About\\_Us](https://www.ico.org/mission07_e.asp?section=About_Us) 09/05/2023
- Jozi, S. A., Shafiee, M., MoradiMajd, N., & Saffarian, S. (2012). An integrated Shannon's Entropy–TOPSIS methodology for environmental risk assessment of Helleh protected area in Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 184, 6913-6922.
- Kaynak, S., Altuntas, S., & Dereli, T. (2017). Comparing the innovation performance of EU candidate countries: an entropy-based TOPSIS approach. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 30(1), 31-54.
- 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.
- Özgürler, Ş., Güneri, A.F., Gülsün, B. and Yılmaz, O. (2011) 'Robot selection for a flexible manufacturing system with AHP and TOPSIS methods', *Proceedings of 15th International Research/Expert Conference on Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, pp.333–336.
- Pernalet, C. G., van Baten, J., Urbina, J. C., & Arévalo, J. F. (2015). A molecular reconstruction feed characterization and CAPE OPEN implementation strategy to develop a tool for modeling HDT reactors for light petroleum cuts. In *Computer Aided Chemical Engineering* (Vol. 37, pp. 359-364). Elsevier.
- SCAA Cupping Protocols. <http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf> 15/05/2023
- SCAA Defects Handbook. <https://www.coffeestrategies.com/wp-content/uploads/2020/08/Green-Coffee-Defect-Handbook.pdf> 16/05/202
- SCAA Specialty Coffee. <https://sca.coffee/research/what-is-specialty-coffee> 27/09/2023
- Shanker, S., Sharma, H., & Barve, A. (2022). Analysing the critical success factors and the risks associated with third-party logistics in the food supply chain: a case of coffee industry. *Journal of Advances in Management Research*, 19(2), 161-197.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, 27(3), 379-423.
- Shih, H. S., Shyr, H. J., & Lee, E. S. (2007). An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and computer modelling*, 45(7-8), 801-813.
- Siksnyte-Butkiene, I., Zavadskas, E. K., & Streimikiene, D. (2020). Multi-criteria decision-making (MCDM) for the assessment of renewable energy technologies in a household: A review. *Energies*, 13(5), 1164.
- Siregar, I. (2019, December). Supplier selection by using analytical hierarchy process (ahp) and techniques for order preference methods with similarities to ideal solutions (topsis). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1339, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.
- Sun, L. Y., Miao, C. L., & Yang, L. (2017). Ecological-economic efficiency evaluation of green technology innovation in strategic emerging industries based on entropy weighted TOPSIS method. *Ecological indicators*, 73, 554-558.
- Tsaur, S.H., Chang, T.Y. and Yen, C.H. (2002) 'The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM', *Tourism Management*, Vol. 23, No. 2, pp.107–115.
- Wang, T. C., & Lee, H. D. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert systems with applications*, 36(5), 8980-8985.
- Yadav, S. K., Joseph, D., & Jigeesh, N. (2018). A review on industrial applications of TOPSIS approach. *International Journal of Services and Operations Management*, 30(1), 23-28.

### How cite this article / Atf Biçimi

Boyar, F. (2024). TOPSIS method approach in ranking coffee bean quality. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 46–62. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.401344234>

# Trade Balance, Real Exchange Rate and Trade Policy Uncertainty in Türkiye: Evidence from the SVAR Approach

Fatma Ünlü<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>(Assoc. Prof. Dr.), Erciyes University, Faculty of Economics and Administrative, Department of Economics, Kayseri, Türkiye

## ABSTRACT

In recent years, the trade wars, the global economic crisis and protectionist policies have created a climate of trade policy uncertainty in the world economy. The increased uncertainty had important impacts on economic variables, in particular on foreign trade and exchange rates. As a result, the attention of researchers and policy makers has been focused on this area. Also, it is a well-known fact that uncertainties have a greater impact on developing countries with economies that are more vulnerable to shocks and risks. From all of these facts, the aim of this study is to investigate the relationships between exchange rate, trade balance and trade policy uncertainty by using structural VAR (SVAR) analysis for the 1960:Q1-2020:Q4 period in Türkiye. The results show that there exists a significant relationship between trade policy uncertainty, the trade balance and the exchange rate in the long term. The response of trade policy uncertainty to shocks to the trade balance and to the exchange rate is statistically significant and negative. The response of the exchange rate to trade balance shocks is statistically significant and positive. An increase in the trade balance increases the exchange rate and reduces trade policy uncertainty.

**Keywords:** Trade, exchange rate, trade policy uncertainty, structural VAR

## Introduction

The world economy has been experiencing global trade wars for the past two decades. Tariff threats, tariff hikes, and retaliations have emerged as principal causes of economic and trade policy uncertainties (Baker et al., 2019). The increase in trade policy uncertainty in 2018 resulted in a decrease of approximately 0.08% in the global GDP in the first half of 2019 (Caldara et al., 2019). The US withdrawal from the Trans-Pacific Partnership Agreement in January 2017, the suspension of negotiations on the North American Free Trade Area Agreement in August 2017, tariff increases on US steel and aluminum imports, uncertainties in the Brexit process, and the trade war between the US and China since March 2018 are the main reasons for the increase in the global trade policy uncertainty (Baker et al., 2019; Huynh et al., 2023 and Yu et al., 2023). Additionally, the COVID-19 pandemic emerged in 2019, and the Ukrainian-Russian War started in 2022 also contributed to the process of uncertainty. On the other hand, it is useful not to ignore the direct and indirect effects of the protectionist policies implemented by countries after the 2008 Global Crisis. Policymakers, investors, and other economic agents have been engaged in trade negotiations to develop a new approach to trade policy (Borojo et al., 2023 and Wang and Wu, 2023). However, these negotiations have not been able to prevent an increase in uncertainties surrounding global trade.

The trade wars and other factors, particularly robust trade and financial ties between nations, have amplified the policy uncertainty pertaining to trade worldwide (Ahir et al., 2020). According to Gulen and Ion (2016), policy uncertainty denotes a circumstance wherein economic agents are unable to accurately anticipate whether, when, and how governments will modify their current policies. Trade policy uncertainty, a kind of economic policy uncertainty, is defined as unpredictable alterations in trade policy that are difficult for economic agents to forecast accurately. The effects of trade policy uncertainty on output (Linde and Pescatori, 2019; Furceri et al., 2020), income (Kempa and Khan, 2019), welfare (Johnston and Parajuli, 2017; Steinberg, 2019), employment (Pierce and Schott, 2016; Lin and Whalley, 2021), institutions (Marshall et al., 2015; Tian et al., 2020), immigration (Facchini et al., 2019), foreign trade investments (Bao et al., 2022), and financial markets (Handley and Limao, 2015; Crowley et al., 2018; Burggraf et al., 2020; He et al., 2021; Chen et al., 2022) have been frequently discussed by researchers recently.

International trade is susceptible and more responsive to economic shocks; therefore, companies tend to adopt a cautious attitude

**Corresponding Author:** Fatma Ünlü E-mail: funlu@erciyes.edu.tr

Submitted: 04.09.2023 • Revision Requested: 02.11.2023 • Last Revision Received: 29.02.2024 • Accepted: 01.03.2024



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

when trade policy uncertainty is high (Novy and Taylor, 2020). A high level of trade policy uncertainty results in a reduction in investment, exports, and international trade volume. Consequently, unexpected changes in trade policy uncertainty negatively affect exports and investments. More precisely, increased uncertainty causes firms to delay investment decisions and reduce hiring, which in turn lowers consumer confidence, expenditures and ultimately results in decreased economic activity. On the other side, the impact of trade policy uncertainty on trade performance is unclear (Caldara et al., 2019). While some studies confirm the strong and negative relationship between the two variables, others argue that uncertainty can enhance countries' trade performance by encouraging investment (Borojo et al., 2023). Handley (2014) contends that export enterprises are considerably responsive to tariff hikes. Additionally, Imbruno (2019) emphasizes the significance of trade policy uncertainty on firms' trade decisions. In terms of trade policy uncertainty, the potential for sudden tariff increases does not encourage firms to export. Furthermore, Handley and Limao (2015) claimed that policy uncertainty deters firms from entering foreign trade. Simultaneously, it also impacts firms' future expectations, resulting in a decrease in investments relating to trade. According to Handley and Limao (2017), trade policy uncertainty diminishes export-oriented investment as well as technology upgrades. This reduces trade flows and consumers' real income. Similarly, Crowley et al. (2018) investigated the impact of future tariff rate uncertainty on firms' market entry or exit decisions, and found evidence to suggest that such uncertainty has a negative effect on entry decisions. In sum, trade policy uncertainty negatively affects the expectations of economic agents and is considered a trade barrier as it is seen as an additional cost. It diminishes both the probability of exporting and the volume of trade (Osnago et al., 2015).

Developing countries are more affected by an increase in trade policy uncertainty. As uncertainty increases, investments and funds flow towards developed countries and risk factors tend to increase in developing countries. Capital outflows from the country mean depreciation of the national currency. This increases the value of foreign currency-denominated debt, which in turn increases country risk. On the other hand, a country's trade flows are affected not only by its own trade policy uncertainty but also by the uncertainty of its trading partners. In other words, shocks caused by uncertainty in one country spill over to other countries. It affects foreign trade through the global value chain (Tam, 2018). According to Bartsch (2019), policy uncertainty affects prices via expectations. If policymakers communicate their future policy accurately and precisely, there is no uncertainty among economic actors and prices adjust precisely when information is communicated. Moreover, policy uncertainty increases exchange rate volatility. According to Hlatshwaya and Saxegard (2016), the uncertainties weaken export performance by limiting the pass-through effect of real exchange rates to exports.

Based on the theoretical and empirical literature, one might claim that there is a strong linkage between the exchange rate, foreign trade and trade policy. The theoretical relationship between the trade balance and the exchange rate is based on the J-curve hypothesis. According to the J-curve hypothesis, increases in the exchange rate worsen the trade balance in the short-term, while improving the balance in the long-term. According to the hypothesis, in the short-term, the foreign trade balance deteriorates as the response to price changes in the exchange rate is not immediate. However, in the long-term, the trade balance improves due to price adjustments. The reason for the improvement in the trade balance in the long-term is the fulfillment of the Marshall-Lerner condition. On the other hand, recent studies on the effects of trade policy uncertainty have mainly focused on the effects of trade policy uncertainty on foreign trade and the effects on exchange rates have been relatively neglected.

From this point of view, the main motivation of this study is that there is no study in the literature that investigates the relationship between these variables using the SVAR model in the case of Türkiye. From this point, the purpose of this study is to determine the relationships between exchange rate, trade balance and trade policy uncertainty by following structural the VAR (SVAR) analysis for the 1960: Q1-2020: Q4 period in Türkiye. The trade balance of merchandise and real exchange rate variables used in the analyses were obtained from the database of the Central Bank of the Republic of Türkiye (CBRT). The Trade Policy Uncertainty Index (TPU) indicator was also retrieved from the Federal Reserve Economic database (FRED).

This study is divided into five sections. The following section includes the literature review of the papers examining the relationships between exchange rate, trade balance and trade policy uncertainty. Section 3 describes data and econometric methodology. Section 4 contains the empirical findings of the econometric analyses. Eventually, the conclusion, including policy recommendations and implications, is presented in the last section.

## Literature Review

The linkages between exchange rate and trade balance have usually been the focus of attention of researchers. Related studies in this field mainly investigate the relationships between trade balance and exchange rate under the J-curve hypothesis. Recently, the interest of researchers has focused on the effects of various variables such as trade policy uncertainty, risk and institutional factors affecting the relationship between exchange rate and trade balance. In this context, the literature review in this paper was based on two aspects. First of all, papers examining the linkage between exchange rate and trade balance are presented in Table 1, in terms of country, country groups or region, period, methodology and main results of the analysis. Then, the literature consisting of studies examining the role of trade policy uncertainty in the relationship between these two variables was reviewed.



**Table 1. Literature Review**

Author(s)	Country	Period	Methodology	Result
Bahmani-Oskooee (1985)	Greece, India, Korea and Thailand	1973:1980	OLS	J-curve hypothesis is confirmed.
Backus et al. (1994)	11 Developed Countries	1950:01-1990:02	General Equilibrium Model	J-curve hypothesis is confirmed.
Brada et al. (1997)	Türkiye	1969:Q1-1993:Q1	Cointegration analysis	There exists a cointegration between trade balance and exchange rate.
Durusoy and Tokathoğlu (1997)	Türkiye	1987-1995	OLS	J-curve hypothesis is confirmed.
Shirvani and Wilbratte (1997)	The US and G-7 Countries	1973:05-1990:08	Johansen-Juselius Cointegration Test	There is relationship between trade balance and exchange rate in the long-term.
Lal and Lowinger (2002)	Five South Asian Countries	1985:Q1-1998:Q4	VECM	There exists relationship between trade balance and exchange rate both in the short and long-term.
Rehman and Afzal (2003)	Pakistan	1974:Q3-2002:Q4	ARDL	J-curve hypothesis is confirmed.
Akbostanci (2004)	Türkiye	1987:Q1-2000:Q4	VAR	There exists a long-run linkage between exchange rate and trade balance but J-curve hypothesis is not valid for the short-run.
Hsing (2005)	Japan, Korea and Taiwan	1980:Q1-2001:Q1	VECM	J-curve hypothesis is confirmed only for Japan.
Karagöz and Doğan (2005)	Türkiye	1995:01-2004:06	Multiple Regression Analysis	There is no significant relationship between exchange rate, export and import.
Yamak and Korkmaz (2005)	Türkiye	1995:Q1-2004:Q4	VAR Analysis, Granger Causality Test	There doesn't exist relationship between reel exchange rate and trade balance in the long-run.
Ay and Özşahin (2007)	Türkiye	1995:01-2007:06	VAR Analysis, Granger Causality	J-curve hypothesis is confirmed.
Halicioğlu (2008)	Türkiye	1980-2005	ARDL	J-curve hypothesis is confirmed only in the short-run.
Bahmani-Oskooee and Kutan (2009)	11 East European Emerging Economies	1990:01-2005:06	ARDL	J-curve hypothesis is confirmed for Bulgaria, Croatia and Russia.
Khatoon and Rahman (2009)	Bangladesh	1972-2006	VAR Analysis, Granger and Sims Causality Tests	J-curve hypothesis is not confirmed.
Vergil and Erdoğan (2009)	Türkiye	1989:Q1-2005:Q4	ARDL	J-curve hypothesis is confirmed.
Petrović and Gligorić (2010)	Serbia	2002:01-2007:09	ARDL	Exchange rate depreciation improves trade balance in the long run, but J-curve effect is supported in the short term.
Göçer and Elmas (2013)	Türkiye	1989:Q1-2012:Q2	Maki (2012) Cointegration Test, DOLS	The effects of the real exchange rate on exports and imports are positive.
Güneş et al. (2013)	Türkiye	1995:Q1-2010:Q2	Structural VAR	A shock in the terms of trade has a similar impact on the real exchange rate.
Demirtaş (2014)	Türkiye	2002:01-2012:08	ARDL	In both the short and the long term, the real exchange rate has a significant and positive impact on the trade balance.
Alege and Osabuohien (2015)	40 Sub-Saharan African Countries	1980-2008	Panel Cointegration, Pooled, Fixed and Random Effects Models	Export, import and exchange rate are cointegrated in the long-term but export and import are not elastic to changes in the exchange rate.
Kemeç and Kösekahyaoglu (2015)	Türkiye	1997-2013	VAR Analysis, Granger Causality Test	J-curve hypothesis is not confirmed.
Albayrak and Korkmaz (2019)	Türkiye	1992:01-2015:12	ARDL, Granger Causality	J-curve hypothesis is confirmed. Also, there exists a bilateral causality trade between balance and real exchange rate.
Amusa and Fadiran (2019)	South Africa and the US	1991:Q4-2016:Q3	ARDL	J-curve hypothesis is confirmed.
Ari et al. (2019)	Türkiye	1990:Q1-2017:Q3	NARDL	J-curve hypothesis is valid.

Table 1. Continued

Arruda et al. (2019)	Brazil	1999:01-2013:07	VECM	J-curve hypothesis is not valid.
Bahmani-Oskooee and Arize (2019)	The US and 20 African Countries		ARDL, NARDL	There exists relationship between exchange rate and trade balance in the long-term.
Sivrikaya and Ongan (2019)	The UK and its 17 Trading Partners	1981:Q1-2015:Q1	NARDL	J-curve hypothesis is not confirmed.
Kopuk and Beşer (2020)	Türkiye	1998-2018	ARDL	J-curve hypothesis is confirmed only in the short-run.
Tuncay and Özkan (2020)	Nine Developing Countries	2009-2018	FGLS	Real effective exchange rates have positive effect on foreign trade balance.
Alessandria and Choi (2021)	US	1980-2015	Error Correction Model, Armington Elasticity	Exchange rate and trade balance are cointegrated in the long-term but elasticity is quite low in the short-term.
Bahmani-Oskooee et al. (2021)	Canada and Mexico	2000:01-2020:12	ARDL, NARDL	According to NARDL approach, there is a cointegration between exchange rate and trade balance in the long-term.
Bahmani-Oskooee and Karamelikli (2021)	Türkiye and the US	2003:01-2018:10	ARDL, NARDL	Asymmetric J-curve effect is valid some industries.
Bhat and Bhat (2021)	India	1996:02-2017:04	NARDL	J-curve hypothesis is not confirmed.
Ceyhan and Gürsoy (2021)	Türkiye	1996:2019	Toda-Yamamoto and Hatemi-J Asymmetric Causality	J-curve hypothesis is not confirmed.
Iqbal et al. (2018)	Pakistan and its eight trading partners	1980-2017	Asymmetric Cointegration, Non-linear ARDL	J-curve hypothesis is confirmed in the case of Malaysia, China, and the US.
Mwito et al. (2021)	Kenya and its 30 Trading Partners	2006:Q1-2018:Q4	PMG	J-curve hypothesis is supported for long-run and short-run asymmetries.
Arthur et al. (2022)	Gana, Switzerland and China	1995:Q1-2018:Q4	ARDL	J-curve hypothesis only is valid for China.
Mesagan et al. (2022)	Eight Largest African Countries	1970-2016	NARDL	There exists relationship between trade balance and exchange rate in the long-term.
Ojaghlou and Uğurlu (2023)	EU-27, China and the US	2008:Q2-2019:Q3; 2008:Q2-2020:Q4 and 2019:12-2021:12	ARDL, NARDL and Multiplier NARDL	Inverted J-curve is confirmed for all country groups.
Parray et al. (2023)	BRICS	2000:Q1-2020:Q2	PNARDL	J-curve hypothesis is not confirmed for both the symmetric and asymmetric model.
Truong and Vo (2023)	Vietnam	2010:01-2020:06	NARDL	The trade balance is impacted asymmetrically by the exchange rate in the short and long-term.

In the first aspect of the literature review, the studies investigating the relationships between trade balance and exchange rate were evaluated. According to Table 1, the empirical studies within the scope of literature review can be classified into three groups in terms of the results obtained as follows: *The first group of studies* consists of studies investigating the validity of the J-curve hypothesis. Some studies (Bahmani-Oskooee, 1985; Backus et al., 1994; Durusoy and Tokatlioğlu, 1997; Rehman and Afzal, 2003; Hsing, 2005; Bahmani-Oskooee and Kutan, 2009; Vergil and Erdoğan, 2009; Ari et al., 2019; Bahmani-Oskooee and Arize, 2019; Bahmani-Oskooee-Karamelikli, 2021; Iqbal et al., 2018; Arthur et al., 2022, etc.) have pointed out empirical findings that support the hypothesis, but Kemeç and Kösekahyaoğlu (2015), Sivrikaya and Ongan (2019), Bhat and Bhat (2021), Ceyhan and

Gürsoy (2021) and Parray et al. (2023) have reached the result that the J-curve hypothesis is not valid. *In the second group*, there are papers searching the relationship between trade balance and exchange rate. Except for the studies by Karagöz and Doğan (2005) and Yamak and Korkmaz (2005), the empirical results obtained from the studies in this group have confirmed the existence of a relationship between the two variables. *The third group of studies* includes papers that reach different results. For instance, Akbostanci (2004) claimed that the J-curve hypothesis is not valid in the short-term, but there exists substantial empirical evidence confirming that effect in the long-run. On the contrary, Halicioğlu (2008) and Kopuk and Beşer (2020) have affirmed that the j-curve effect is valid in the short-term.

The second aspect of the literature review consists of the studies examining the relations between trade policy uncertainty, exchange rate and trade balance. For example, Çekin and Nuroğlu (2020) have examined the effects of trade policy uncertainties arising from trade wars on the trade balance and macroeconomic indicators for the period of 1987:01-2018:09 in BRICS-T countries. The main findings obtained from the analyses in which the econometric methodology of the panel VAR method was employed show that trade policy uncertainty stem from the US negatively affects China more in terms of trade balance. In the paper by Ongan and Gocer (2020), they investigated the effects of changing US trade policy uncertainty on the US bilateral trade balance with China for the period of 1993: Q1-2019: Q2 by employing the NARDL approach. The results indicate that there exists relationship between trade policy uncertainty and the US trade balance. Trade policy uncertainty improves trade balance in the short-run while trade policy uncertainty decreases or worsens trade balance in the short-run but improve in the long-run.

Özçelik (2022) has employed the Augmented ARDL approach in order to analyze the impacts of economic and trade policy uncertainties on the US's foreign trade balance with China by taking the data for 2000:Q1-2021:Q4. Findings from the empirical analysis show that the increases in trade policy uncertainty in the US do not have a significant effect on the US bilateral trade balance with China, but the increases in trade policy uncertainty in China have a negative impact on the US trade balance both in the short and long-run. In another study, Baek and Yoon (2023) have explored the relationship between trade policy uncertainty and trade balance of China and its trade partners (US, Japan and Korea) using structural VAR for the period of 2000:01-2021:12. They found that trade policy uncertainty has a significant negative effect on China's trade as a result. Borojo et al. (2023) have employed the two-step Heckman sample selection model and poisson pseudo-maximum likelihood in order to analyze the impact of trade policy uncertainty on trade flows between 2004 and 2019 for 113 emerging economies and low-income developing countries. Similar to the main findings of the studies by Özçelik (2022) and Baek and Yoon (2023), they detected that trade policy uncertainty has a negative effect on trade flows.

Yaman-Songur (2023) have analyzed the influence of the US trade policy uncertainty on the dollar-TL rate using data for 2002:01-2022:08. As a result of DOLS, FMOLS and CCR, she found that there exists cointegration between trade policy uncertainty and exchange rate. In addition, increases in trade policy uncertainty trigger exchange rate increases. According to the results of Breitung and Candelon (2006) causality test, trade policy uncertainty is the cause of the dollar-TL exchange rate in the long-run, but it is not in the short and medium-run.

Yu et al. (2023) have investigated the impact of the US trade policy uncertainty on Chinese agricultural export and import applying structural VAR analysis for the period between 2007:01 and 2019:05. The results of empirical analyses depict that as the US trade policy uncertainty increases, China's agricultural exports to the US and imports from the US.

By far, we have reviewed the empirical literature on exchange rate, trade balance, and trade policy uncertainty. Based on the relevant literature, one might say that there is a large number of studies in the literature investigating the relationships between trade balance and exchange rate by following different econometric procedures (ARDL, NARDL, PNARDL, VAR, OLS, VECM, FGLS, etc.) for different countries, country groups and regions. However, it can be observed that the number of studies investigating the effects of different variables like economic and trade policy uncertainty on the relationship between two variables has increased in recent years, but it is still limited. Within the scope of the reviewed literature, it has not found studies investigating the relationship between exchange rate, trade balance and trade policy uncertainty in Türkiye using the SVAR method.

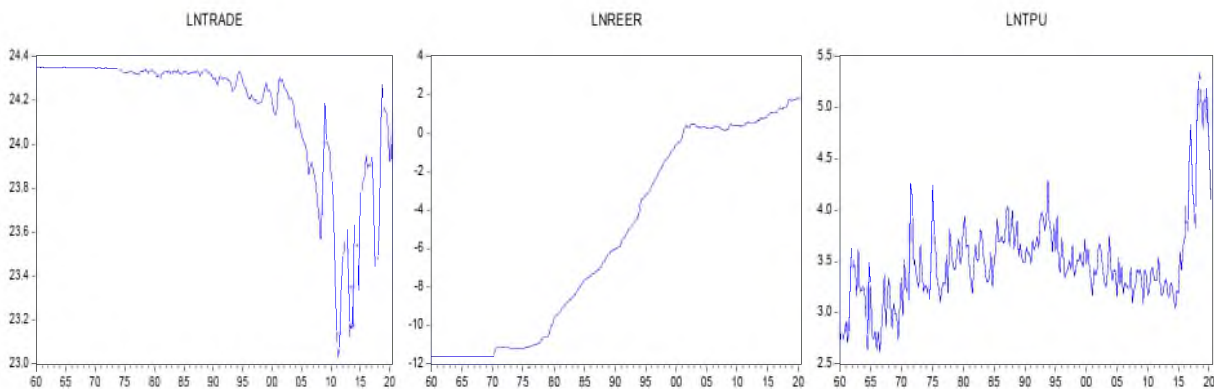
## Data and Methodology

This study investigates the relations between exchange rate, trade balance and trade policy uncertainty employing a quarterly time series data for the period of 1960:Q1-2020:Q4 for Türkiye. For trade balance, we used trade balance of merchandise (the US Dollar) as indicator provided by the database of the Central Bank of the Republic of Türkiye (CBRT). The data for real exchange rate was obtained from the database of the CBRT. The Trade Policy Uncertainty Index (TPU) indicator as proxy for trade policy uncertainty was taken from the Federal Reserve Economic database (FRED). The natural logarithm forms of all variables were employed in order to reduce heteroscedasticity and to procure the growth rate of the variables by their differenced logarithms.

**Table 2. Descriptive Statistics for Variables**

	<i>LNTRADE</i>	<i>LNREER</i>	<i>LNTPU</i>
Mean	24.15836	-5.354409	3.500246
Median	24.30955	-5.968632	3.441654
Maximum	24.34942	1.976916	5.334841
Minimum	23.02585	-11.61662	2.616832
Std. Dev.	0.292128	5.151828	0.453686
Skewness	-1.914142	0.041151	1.404864
Kurtosis	5.999432	1.317919	6.603827
Observations	243	243	243

Table 2 shows descriptive statistics of the variables in the analysis in order to represent summary information. According to the table, while *LNTRADE* has the highest values in terms of mean (24.158), maximum (24.349) and minimum values (23.025), *LNREER* has the lowest values in terms of these statistics. The highest variable in terms of median value is *LNTRADE* (24.309), and other variables are *LNTPU* (3.441) and *LNREER* (-5.968), respectively. On the other side, while the variable with the highest standard deviation is *LNREER* (5.151), the variable with the lowest value is *LNTRADE* (0.292). Figure 1 depicts the change of the logarithmic values of the variables for the period of 1960:Q1-2020:Q4.



**Figure 1. Time Series Graphs**

In this study, we followed the econometric procedure of the structural VAR approach developed by Sims (1980;1986), Bernanke (1986), Shapiro and Watson (1988). Standard VAR models are based on simultaneous equation systems in which many endogenous variables are employed in the model at the same time. Although the impulse-response function is an important tool to uncover the linkages between variables in standard VAR models, there exist some obstacles in their interpretation (Lütkepohl, 2005). It is not suitable for policy reviews, as impulse-response functions and shock term are not descriptive enough in these models (Cooley and Leroy, 2005). The standard VAR model is written as follows:

$$Y_t = B * X_t' + u_t' \tag{1}$$

In Eq. (1),  $Y_t$  is a (3x1) vector of endogenous variables.  $X_t'$  refers to the lag of the endogenous variables.  $u_t'$  denote the residuals of (3x1) vectors. In the reduced VAR model, the residuals are often correlated and so, it does not clearly show the net effect of a specific shock on the residuals. The structural VAR model in which all variables are employed endogenously with their lagged values developed to overcome the lack of the standard VAR model is expressed as follows (Enders, 2010):

$$BY_t = \Gamma_0 + \sum_{i=1}^n \Gamma_i \gamma_{t-i} + \varepsilon_t \tag{2}$$

Where,  $B$  refers to (3x3) contemporaneous matrix and  $Y_t$  is a (3x1) vector of endogenous variables (trade balance, real exchange rate and trade policy uncertainty index).  $\Gamma_0$  and  $\Gamma_i$  is constant term of the vector and (3x3) autoregressive coefficient matrix, respectively.  $\varepsilon_t$  denotes (3x1) structural shocks matrix. Finally,  $n$  depicts the optimal lag length. The matrix form of the SVAR model is as in Eq. (3)

$$e_t = \begin{bmatrix} e_t^{LNTRADE} \\ e_t^{LNREER} \\ e_t^{LNTPU} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & 0 & 0 \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & 0 \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} e_t^{LNTRADEShock} \\ e_t^{LNREERShock} \\ e_t^{LNTPUShock} \end{bmatrix} \tag{3}$$

According to Eq. (3), the variable (*LNTRADE*) in the first row does not respond to other variables in the model but affects other variables (*LNREER* and *LNTPU*). The variable (*LNREER*) in the second row responds to the first variable (*LNTRADE*), but it does not respond to the other variable (*LNTPU*). The variable (*LNTPU*) in the third row responds to all variables (*LNTRADE*, *LNREER* and *LNTPU*) in the model.

## Empirical Results

### Unit Root and Diagnostic Tests with Stability Condition

In the first stage, we performed the unit root tests to test the stationarity of the series in the model. The results of the Augmented Dickey-Fuller (ADF) and the Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) tests calculated for the levels and first differences of the variables are reported in Table 3. The empirical findings derived from the ADF and KPSS unit root tests indicate that the null hypothesis of a unit root cannot be rejected at a 5 % significance for all variables have unit root at the levels in both constant and constant and trend models. Then, we take the first-order difference of all series and concluded that all series have become stationary. As a result, all series (*LNTRADE*, *LNREER* and *LNTPU*) are integrated of order 1, represented as I(1).

Table 3. Unit Root Test Results

<i>Variables/ Unit Root Tests</i>	<i>ADF</i>		<i>KPSS</i>	
	<i>Constant</i>	<i>Constant+Trend</i>	<i>Constant</i>	<i>Constant+Trend</i>
<i>LNTRADE</i>	-1.891 (0.33)	-2.146 (0.51)	1.383	0.158
<i>LNREER</i>	-1.671 (0.44)	-1.500 (0.82)	0.309	0.299
<i>LNTPU</i>	-2.329 (0.16)	-2.856 (0.18)	0.423	0.230
$\Delta$ <i>LNTRADE</i>	-6.304 (0.00)*	-6.292 (0.00)*	0.036*	0.025*
$\Delta$ <i>LNREER</i>	-11.461 (0.00)*	-7.551 (0.00)*	0.400*	0.276*
$\Delta$ <i>LNTPU</i>	-8.446 (0.00)*	-8.543 (0.00)*	0.157*	0.102*

Note: \* is 1% of significant levels. The optimal lag length is determined automatically by using the SIC.

Table 4 and Table 5 show the results of the diagnostics tests such as serial correlation Langrage Multiplier (LM) test, the White heteroskedasticity test and the Jarque-Bera normality test. According to Table 4, the evidence from the LM test indicates that the null hypothesis cannot be rejected, as there does not exist a serial correlation among the error terms.

Table 4. Serial Correlation LM Test

<i>Lag</i>	<i>LRE* stat</i>	<i>df</i>	<i>Prob</i>
1	13.65058	9	0.1353
2	23.61728	18	0.1680
3	32.92959	27	0.1994
4	40.58186	36	0.2754
5	50.01271	45	0.2811

Note: The optimal lag length is determined as five considering the AIC.

Table 5 shows that the evidence indicates no autoregressive conditional heteroskedasticity. More clearly, the null hypothesis which is the variance of the residuals is homoscedastic cannot be rejected for SVAR model. On the other hand, the residual term is normally distributed as regards the normality test. The results of the diagnostics test point out that the model specification is well-structured.

Table 5. Heteroskedasticity and Normality Tests

<i>Joint Test</i>			<i>Joint Test</i>		
<i>Chi-sq</i>	<i>df</i>	<i>Prob</i>	<i>Jarque-Bera</i>	<i>df</i>	<i>Prob</i>
200.9088	180	0.1364	1804.560	6	0.0000*

Note: \* is 1% of significant levels.

Figure 2 indicates the inverse roots of the characteristic AR polynomial. The validity of the impulse-response analysis depends on the satisfaction of the VAR stability condition (Glaister, 1984). The estimated VAR is stable because of all roots lie inside the unit circle and all roots have a modulus of less than one, as shown in Figure 2.

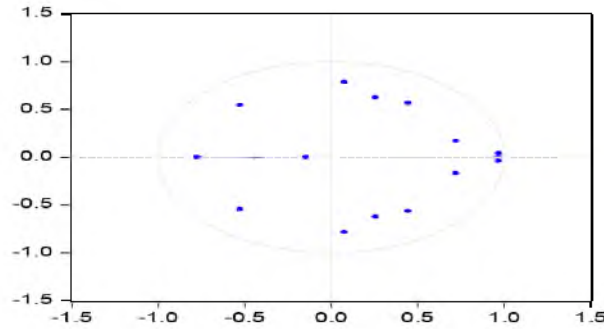


Figure 2. Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial

**Long-Run Structural VAR Analysis**

Table 6 shows the estimation results of the long-term structural VAR model. The coefficients in the multiplier matrix cannot be interpreted, but preliminary information can be obtained for impulse-response analysis by looking at the signs of the coefficients and their statistical significance levels. According to Table 6, the response of LNTPU to shocks of LNTRADE and LNREER is statistically significant and negative. Also, the response of LNREER to LNTRADE shock is statistically significant and positive. While an increase LNTRADE leads to an increase in LNREER, an increase LNTRADE leads to a decrease in LNTPU over the sample period in Türkiye.

Table 6. Long-Run Multiplier Matrix for SVAR Model

	<i>LNTRADE</i>	<i>LNREER</i>	<i>LNTPU</i>
<i>LNTRADE</i>	1.5293 (0.00)*	0.0000	0.0000
<i>LNREER</i>	2.9310 (0.00)*	2.0117 (0.00)*	0.000
<i>LNTPU</i>	-1.2970 (0.00)*	-0.6269 (0.00)*	0.3199 (0.00)*

Note: \* is 1% of significant levels.

As mentioned earlier, the purpose of this study is to investigate the linkages trade balance, reel exchange rate and trade policy uncertainty in Türkiye. To achieve this aim, the impulse-response functions obtained from structural VAR analysis are quite helpful tools. Figure 3 shows impulse-response functions for LNTRADE, LNREER and LNTPU.

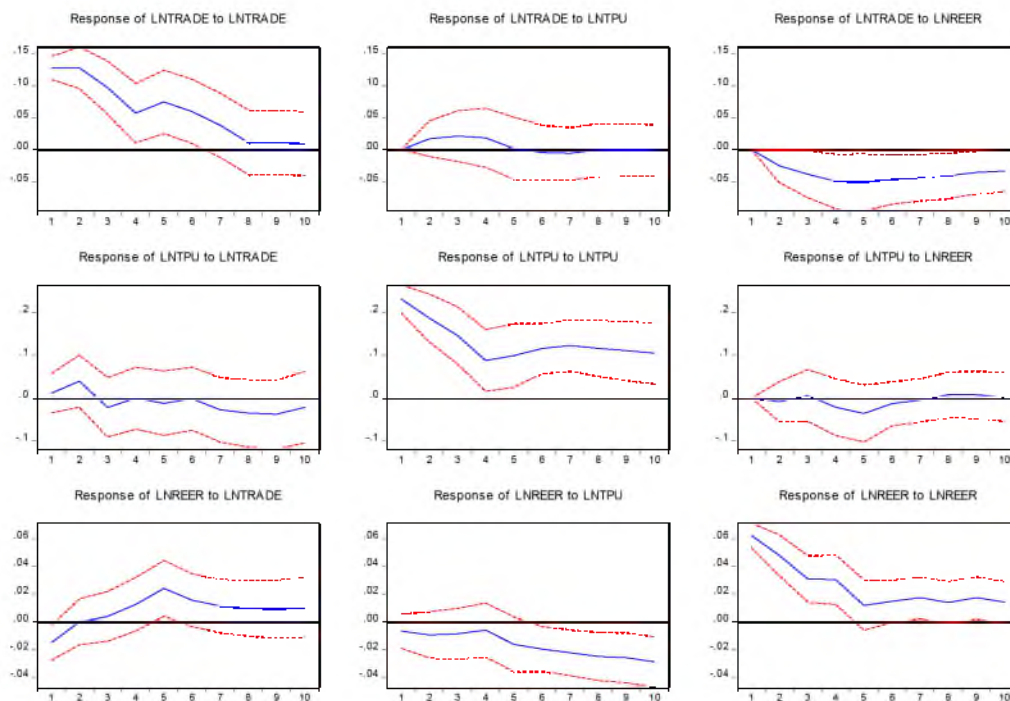


Figure 3. Impulse-Response Functions for Long-Run Structural VAR Analysis

The response of LNTRADE to the shock of LNTPU is zero in the first period and, after it is positive from the second period until the 6th period, it revolves negative. As from the 8th period, it reaches zero. The response of LNTRADE to the shock of LNREER is initially zero, but it is negative throughout the following periods. Also, the response of LNTRADE to its own shock remains positive in all the periods and it is at the minimum level by the 4th period.

The graphs in the second row of Figure 3 show the response of LNTPU to the shocks of other variables. The LNTPU's response to the shock of LNTRADE is zero in the first two periods and it turns negative afterwards. The response of LNTPU to its own shock remain positive in all the periods and it is at the minimum by 4th period. The last graph depicts the response of LNTPU to the shock of LNREER over the periods. While the response of LNTPU to the shock of LNTRADE is zero in the first period, it is negative between the 4th and 7th periods. In the remaining periods, it continued to be positive.

The three graphs in the last row of Figure 3 present the response of LNREER to the shocks of other variables with its own shock. Accordingly, the response of LNREER to the shocks of LNTRADE reaches the maximum level of 0.02% by the 5th period and it shows a decreasing trend in the 6th period, and eventually remains stable in the following periods. The LNREER's response to LNTPU shock has a negative trend. It is at the maximum level by the 4th period and gradually diminishes until the last period. Lastly, the LNREER's response to its own shock is positive during the periods. While the effect reaches the maximum in the first period, it is the minimum level in the 5th period.

**Table 7. Variance Decomposition Results**

<i>For LNTRADE:</i>				
<i>Period</i>	<i>S.E.</i>	<i>Shock 1</i>	<i>Shock 2</i>	<i>Shock 3</i>
1	0.127640	2.675185	29.49590	67.82891
2	0.183090	7.123827	35.05606	57.82011
3	0.211572	10.21520	38.88406	50.90074
4	0.225461	12.32473	42.11412	45.56115
5	0.242869	12.00762	46.92240	41.06997
6	0.254422	11.49249	50.30619	38.20133
7	0.261012	11.18064	52.46200	36.35736
8	0.264439	11.13330	53.15939	35.70731
9	0.267128	11.10426	53.75608	35.13966
10	0.269417	11.06228	54.22491	34.71281
<i>For LNREER:</i>				
1	0.232039	90.29407	9.209948	0.495977
2	0.300683	91.75454	6.740686	1.504769
3	0.335176	89.53908	9.151384	1.309538
4	0.347124	90.03089	8.665228	1.303886
5	0.363054	90.20196	8.026838	1.771202
6	0.381278	90.51751	7.856827	1.625665
7	0.401592	89.49353	8.745697	1.760773
8	0.419621	87.83420	10.29450	1.871299
9	0.435713	86.32359	11.65456	2.021853
10	0.448795	85.85966	12.14007	2.000270
<i>For LNTPU:</i>				
1	0.064336	17.25225	70.43273	12.31502
2	0.080674	18.89567	62.30812	18.79621
3	0.086881	19.84621	58.42520	21.72859
4	0.093048	19.04761	53.39020	27.56220
5	0.098198	19.37842	48.83113	31.79045
6	0.102397	21.70533	45.02690	33.26777
7	0.106827	25.06351	41.36988	33.56661
8	0.111023	28.65419	38.37251	32.97329
9	0.115691	32.21219	35.33890	32.44892
10	0.120525	35.70407	32.68351	31.61242

*Note: Shock 1, Shock 2 and Shock 3 refer LNTRADE, LNTPU and LNREER, respectively. Also, S.E. is standard error.*

Table 7 shows the variance decomposition results of the SVAR model. The empirical findings in Table 7 depict that 2.67% of the change in LNTRADE is explained by its own shock in the initial period. It reaches 12.00 % by increasing until the 5th period and remains at the level of approximately 11% in the subsequent periods. While 29.49 % of the fluctuations in LNTRADE is explained by LNTPU shocks in the first period, this rate is 67.82 % for LNREER shocks. The effects of LNTPU shocks on LNTRADE increasingly have continued throughout the years and reaches 54.22 % at the end of the 10th period. On the other side, the ratio

explained by LNREER shocks have showed a decreasing trend and it is 34.71% in the last period. While most of the changes in LNTRADE are explained by the LNREER shock at the beginning, LNTPU is the determinant of the changes in LNTRADE at the end of the period. According to Table 7, while the effect of LNTPU shocks on changes in LNREER is more limited (9.20 %), the ratio explained by LNTRADE shocks is higher (90.29 %) in the first period. Also, 0.49 % of the change in LNREER is explained by its own shock. The effects of LNTRADE shock on change in LNREER decreased over time and it has a value of 85 % as of the last period. The effects of LNTPU shock and LNREER's own shock have an increasing trend. The effect of both shocks tends to increase regularly from the 7<sup>th</sup> period. Considering the first period, the changes in LNTPU are affected by its own shock (70.43 %), LNTRADE (17.25 %) and LNREER (12.31 %) shocks, respectively. The effects of LNTRADE shocks on LNTPU have increased throughout the period and eventually it reached 35.70 % in the 10<sup>th</sup> period. Likewise, the ratio of LNREER shocks explaining the changes in LNTPU has gone up to 31.61% at the last period. On the other side, the impacts of the LNTPU's own shock have decreased by more than about half over time.

## Conclusion

Since the 2008 Global Crisis, there has been a deepening of the environment of economic and trade uncertainty, which had its origins in the spread of protectionist policies and the increase in US import tariffs. In this uncertain climate, what economic agents expect to happen in the current and future periods, and how they act according to these expectations, has a significant impact on the global economy. Trade policy uncertainty postpones or discourages business investment decisions in relation to exports. The reason for this is that companies that perceive uncertainty as a high risk have a high-cost avoidance bias. The volume of global trade is also affected by trade policy uncertainty. On the other hand, the situation is similar for the financial markets, which are affected to a large extent by uncertainty and risk. In other words, trade policy uncertainty has a negative impact on financial markets. For example, as uncertainty increases, the volatility of exchange rates also increases.

As seen, trade policy uncertainty has significant effects on key economic variables. It is important to study the impact of trade policy uncertainty, especially for developing countries that are vulnerable to economic shocks, risks and uncertainties. Therefore, the aim of this study is to analyze the relationship between trade policy uncertainty, trade balance and exchange rate in Türkiye with the help of the SVAR model. The results show that there is a significant relationship between trade policy uncertainty, the trade balance and the exchange rate in the long term. The response of trade policy uncertainty to shocks to the trade balance and to the exchange rate is statistically significant and negative. The response of the exchange rate to trade balance shocks is statistically significant and positive. An increase in the trade balance increases the exchange rate and reduces trade policy uncertainty. The exchange rate appreciation effect of the improvement in the trade balance can be explained by Türkiye's high dependence on imports of inputs. When exports increase, the demand for raw materials and intermediate goods needed in the production process increases. This increase in demand increases the demand for foreign exchange, thereby pushing up the exchange rate. While the findings of studies conducted by Durusoy and Tokatlıoğlu (1997), Ay and Özşahin (2007), Vergil and Erdoğan (2009) and Ari et al. (2019) Türkiye confirm the J-curve hypothesis, Kemeç and Kösekahyaoglu (2015), Kopuk and Beşer (2020) and Ceyhan and Gürsoy (2021) claimed that the hypothesis is not valid. On the other hand, there is a negative relationship between worsening trade balance and trade uncertainty in Türkiye. In other words, an increase in uncertainty leads to a deterioration in the trade balance. The empirical evidence is broadly consistent with the theoretical and empirical literature.

In the light of the empirical findings of the study, it might be said that there is an important relationship between trade policy uncertainty, trade balance and exchange rate in Türkiye. It can be a recommendation for policy makers to design economic policies in such a way that the effects of trade policy uncertainty are taken into account.

---

**Peer Review:** Externally peer-reviewed.

**Conflict of Interest:** The author has no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The author declared that this study has received no financial support.

---

## ORCID:

Fatma Ünlü 0000-0003-1822-9965

## REFERENCES

Ahir, H., Bloom, N., & Furceri, D. (2020). 60 years of uncertainty: Our new index provides novel insights into an amorphous concept. *Finance & Development*, March 2020, 58-60.



- Akbostanci, E. (2004). Dynamics of the trade balance: The Turkish J-curve. *Emerging Markets Finance & Trade*, 40(5), 57-73.
- Albayrak, Ş. G., & Korkmaz, H. S. (2019). Turkish J-curve: Trade balance and real exchange rate relation. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (Prof. Dr. Fuat Sezgin Özel Sayısı), 348-359.
- Alege, P. O., & Osabuohien, E. S. (2015). Trade-exchange rate nexus in sub-Saharan African countries: Evidence from panel cointegration analysis. *Foreign Trade Review*, 50 (3), 151-167.
- Alessandria, G., & Choi, H. (2021). The dynamics of the U.S. trade balance and real exchange rate: The J curve and trade costs. *Journal of International Economics*, 132, 103511.
- Amusa, H., & Fadiran, D. (2019). The J-curve phenomenon: Evidence from commodity trade between South Africa and the United States. Economic Research Southern Africa (ERSA) Working Paper No. 777.
- Ari, A., Cergibozan, R., & Cevik, E. (2019). J-curve in Turkish bilateral trade: A nonlinear approach. *The International Trade Journal*, 33 (1), 31-53.
- Arruda, E. F., Castelar, P. U. C., & Martins, G. (2019). The J-curve and the Marshall-Lerner condition: Evidence for net exports in the Southern region of Brazil. *Planejamento E Políticas Públicas*, 52, 17-48.
- Arthur, B., Afenya, M. S., Asiedu, M., & Aduku, R. (2022). The bilateral J-curve between Ghana and her key trading partners. *Cogent Economics & Finance*, 10 (1), 2048484.
- Arthur, B., Afenya, M. S., Asiedu, M., & Aduku, R. (2022). The bilateral J-curve between Ghana and her key trading partners, *Cogent Economics & Finance*, 10 (1), 2048484.
- Ay, A., & Özşahin, Ş. (2007). J eğrisi hipotezinin testi: Türkiye ekonomisinde reel döviz kuru ve dış ticaret dengesi ilişkisi. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, XXVI (1), 1-23.
- Backus, D. K., Kehoe, P. J., & Kydland, F. E. (1994). Dynamics of the trade balance and the terms of trade: The J-Curve?. *The American Economic Review*, 84(1), 84-103.
- Baek, J., & Yoon, J. H. (2023). Shocks of crude oil prices and world trade policy uncertainty: How much do they matter for China's trade balance with its three largest partners?. *Economic Analysis and Policy*, 78, 914-921.
- Bahmani-Oskooee, M. (1985). Devaluation and the J-curve: some evidence from LDCs. *The Review of Economics and Statistics*, 67, 500-504.
- Bahmani-Oskooee, M., & Arize, A.C. (2019). U.S.-Africa trade balance and the J-curve: An asymmetry analysis. *The International Trade Journal*, 33(4), 322-343.
- Bahmani-Oskooee, M., & Karamelikli, H. (2021). The Turkey-US commodity trade and the asymmetric J-curve. *Economic Change and Restructuring*, 54, 943-973.
- Bahmani-Oskooee, M., & Kutan, A.M. (2009). The J-curve in the emerging economies of eastern Europe. *Applied Economics*, 41, 2523-2532.
- Bahmani-Oskooee, M., Harvey, H., & Halicioğlu, F. (2021). Does the real exchange rate play any role in the trade between Mexico and Canada? An asymmetric analysis. *Economic Analysis and Policy*, 70, 1-21.
- Baker, S., Bloom, N., & Davis, S. (2019). The extraordinary rise in trade policy uncertainty. 17 September 2019. 1-8. <https://voxeu.org/article/extraordinary-rise-trade-policy-uncertainty>.
- Bao, X., Deng, J., Sun, H., & Sun, J. (2022). Trade policy uncertainty and foreign direct investment: Evidence from China's WTO accession. *Journal of International Money and Finance*, 125, 102642.
- Bartsch, Z. (2019). Economic policy uncertainty and dollar-pound exchange rate return volatility. *Journal of International Money and Finance*, 98, 102067.
- Bernanke, B. S. (1986). Alternative explanations of money-income correlation. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 25, 49-100.
- Bhat, S. A., & Bhat, J. A. (2021). Impact of exchange rate changes on the trade balance of India: An asymmetric nonlinear cointegration approach. *Foreign Trade Review*, 56 (1), 71-88.
- Borojo, D. G., Yushi, J., & Miao, M. (2022) The impacts of economic policy uncertainty on trade flow. *Emerging Markets Finance and Trade*, 58(8), 2258-2272.
- Brada, J. C., Kutan, A. M., & Zhou, S. (1997). The exchange rate and the balance of trade: The Turkish experience, *The Journal of Development Studies*, 33(5), 675-692.
- Burggraf, T., Fendel, R., & Huynh, T. L. D. (2020). Political news and stock prices: Evidence from trump's trade war. *Applied Economics Letters*, 27(18), 1485-1488.
- Caldara, D., Iacoviello, M., Molligo, P., Prestipino, A., & Raffo, A. (2019). Does trade policy uncertainty affect global economic activity?. FEDS Notes. Washington: Board of Governors of the Federal Reserve System, September 4, 2019, <https://doi.org/10.17016/2380-7172.2445>.
- CBRT. (2023). Electronic Data Delivery System. <https://evds2.tcmb.gov.tr/> (Accessed 15 January 2022).
- Çekin, S. E., & Nuroğlu, E. (2020). Ticaret savaşlarının uluslararası ticaret ve reel ekonomiye etkisi. *UIİİD-IJEAS*, 27, 73-90.
- Ceyhan, T., & Gürsoy, S. (2021). The J-curve hypothesis: An analysis for Turkey. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 12(3), 1169-1181.
- Chen, J., Huang, Y., Ren, X., & Qu, J. (2022). Time-varying spillovers between trade policy uncertainty and precious metal markets: Evidence from China-US trade conflict. *Resources Policy*, 76, 102577.
- Cooley, T. F., & Leroy, S. F. (1985). A theoretical macroeconomics: A critique. *Journal of Monetary Economics*, 16(3), 283-308.
- Crowley, M., Meng, N., & Song, H. (2018). Tariff scares: Trade policy uncertainty and foreign market entry by Chinese firms. *Journal of International Economics*, 114, 96-115.

- Demirtaş, G. (2014). Türkiye ve Almanya arasındaki dış ticaret dengesinin sınır testi yaklaşımıyla incelenmesi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 43, 83-106.
- Durusoy, Ö. T., & Tokatlıoğlu, İ. (1997). Devalüasyon ve J-eğrisi. *Ekonomik Yaklaşım*, 8(24-25), 65-79.
- Enders, W. (2010). *Applied econometric time series*. Wiley, UK.
- Facchini, G., Liu, M. Y., Mayda, A. M., & Zhou, M. (2019). China's "Great Migration": The impact of the reduction in trade policy uncertainty. *Journal of International Economics*, 120, 126-144.
- Federal Reserve Economic (FRED). (2023). Trade Policy Uncertainty Index. <https://fred.stlouisfed.org/series/EPUTRADE>. (Accessed 15 January 2022).
- Furceri, D., Hannan, S.A., Ostry, J.D., & Rose, A.K. (2020). Are tariffs bad for growth? Yes, say five decades of data from 150 countries. *Journal of Policy Modelling*, 42, 850-859.
- Göçer, İ., & Elmas, B. (2013). Genişletilmiş Marshall-Lerner koşulu çerçevesinde reel döviz kuru değişimlerinin Türkiye'nin dış ticaret performansına etkileri: Çoklu yapısal kırılmalı zaman serisi analizi. *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar*, 7(1), 137-157.
- Gulen, H., & Ion, M. (2016). Policy uncertainty and corporate investment. *The Review of Financial Studies*, 29, 523-564.
- Güneş, S., Gürel, S. P., & Cambazoğlu, B. (2013). Dış ticaret hadleri, dünya petrol fiyatları ve döviz kuru ilişkisi, yapısal VAR analizi: Türkiye örneği. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 9 (20), 1-17.
- Halicioğlu, F. (2008). The J-curve dynamics of Turkey: an application of ARDL model. *Applied Economics*, 40(18), 2423-2429.
- Handley, K. (2014). Exporting under trade policy uncertainty: Theory and evidence. *Journal of International Economics*, 94(1), 50-66.
- Handley, K., & Limao, N. (2015). Trade and investment under policy uncertainty: Theory and firm evidence. *American Economic Journal: Economic Policy*, 7, 189-222.
- Handley, K., & Limao, N. (2017). Policy uncertainty, trade, and welfare: Theory and evidence for China and the United States. *The American Economic Review*, 107(9), 2731-2783.
- He, F., Lucey, B., & Wang, Z. (2021). Trade policy uncertainty and its impact on the stock market-evidence from China-US trade conflict. *Finance Research Letters*, 40, 101753.
- Hlatshwayo, S., & Saxegaard, M. M. (2016). The consequences of policy uncertainty: Disconnects and dilutions in the South African real effective exchange rate-export relationship. *International Monetary Fund*. Working Paper No. 2016/113.
- Hsing, H.M. (2005). Re-examination of J-curve effect for Japan, Korea and Taiwan. *Japan and the World Economy*, 17, 43-58.
- Huynh, L.T.D., Nasie, M. A., & Nguyen, D. K. (2023). Spillovers and connectedness in foreign exchange markets: The role of trade policy uncertainty. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 87, 191-199.
- Imbruno, M. (2019). Importing under trade policy uncertainty: Evidence from China. *Journal of Comparative Economics*, 47, 806-26.
- Iqbal, J., Nosheen, M., Panezai, G. R., & Salahuddin. (2021). Asymmetric cointegration, Non-linear ARDL, and the J-curve: A bilateral analysis of Pakistan and its trading partners. *The International Journal of Finance and Economics*, 26, 2263-2278.
- Johnston, C.M.T., & Parajuli, R. (2017). What's next in the U.S.-Canada softwood lumber dispute? An economic analysis of restrictive trade policy measures. *Forest Policy and Economics*, 85, 135-146.
- Karagöz, M., & Doğan, Ç. (2005). Döviz kuru ve dış ticaret ilişkisi: Türkiye örneği. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 219-228.
- Kemeç, A., & Kösekaşyaoğlu, L. (2015). J eğrisi analizi ve Türkiye üzerine bir uygulama. *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 1 (2), 1-29.
- Kempa, B., & Khan, N.S. (2019). Global macroeconomic repercussions of US trade restrictions: evidence from a GVAR model. *International Economic Journal*, 33, 649-661.
- Khaton, R., & Rahman, M. M. (2009). Assessing the existence of the J-curve effect in Bangladesh. *The Bangladesh Development Studies*, XXXII (2), 79-99.
- Kopuk, E., & Başer, M. K. (2020). Is J-curve hypothesis valid in the Turkey manufacturing industry? Bound test approach. *International Conference on Economics*. September 10-12, Eskisehir, Turkey.
- Lal, A.K., & Lowinger, T. C. (2002). Nominal effective exchange rate and trade balance adjustment in South Asia Countries. *Journal of Asian Economics*, 13, 371-383.
- Li, C., & Whalley, J. (2021). Trade protectionism and US manufacturing employment. *Economic Modelling*, 96, 353-361.
- Linde, J., & Pescatori, A. (2019). The macroeconomic effects of trade tariffs: revisiting the Lerner symmetry result. *Journal of International Money and Finance*, 95, 52-69.
- Lütkepohl, H. (2005). *New introduction to multiple time series analysis*. Springer, Berlin.
- Marshall, M. G., Gurr, T. D., & Jagers, K. (2015). Polity IV Project: Political Regime Characteristics and Transitions, 1800-2015.
- Mesagan, E. P., Alimi, O. Y., & Vo, X. V. (2022). The asymmetric effects of exchange rate on trade balance and output growth. *The Journal of Economic Asymmetries*, 26, e00272.
- Mwito, M. M., Mkenda, B. K., & Luvanda, E. (2021). The asymmetric J-curve phenomenon: Kenya versus her trading partners. *Central Bank Review*, 21, 25-34.
- Novy, D., & Taylor, A. M. (2020). Trade and uncertainty. *The Review of Economics and Statistics*, 102(4), 749-765.
- Ojaghlou, M., & Uğurlu, E. (2023). Is there a J-curve under COVID-19 effects. *China Economic Journal*, 16 (1), 44-62.
- Ongan, S. & Gocer, İ. (2020). The US-China trade war with increasing trade policy uncertainty. *Journal of Chinese Economic and Foreign Trade Studies*, Doi: 10.1108/JCEFTS-01-2020-0002.

- Osnago, A., Piermartini, R., & Rocha, N. (2015). *Trade policy uncertainty as barrier to trade*. WTO staff working paper, no. ERSD-2015-05. Geneva: World Trade Organization (WTO). <https://doi.org/10.30875/6c9ef04c-en>.
- Özçelik, O. (2022). Ekonomi ve dış ticaret politikalarındaki belirsizliğin ABD-Çin dış ticaret dengesine etkileri: Fourier ADF ve genişletilmiş ARDL ile bir analiz. *Fiscaoeconomia*, 6 (3), 1071-1102.
- Parray, W. A., Bhat, J. A., Yasmin, E., & Bhat, S. A. (2023). Exchange rate changes and the J-curve effect: Asymmetric evidence from a panel of five emerging market economies. *Foreign Trade Review*, 1-20.
- Petrovic, P., & Gligoric, M. (2010). Exchange rate and trade balance: J-curve effect. *Panoeconomicus*, 1, 23-41.
- Pierce, J.R., & Schott, P.K. (2016). The surprisingly swift decline of US manufacturing employment. *The American Economic Review*, 106, 1632-1662.
- Rehman, H. U., & Afzal, M. (2004). The J curve phenomenon: An evidence from Pakistan. *Pakistan Economic and Social Review*, 41 (1-2), 45-58.
- Shapiro, M., & Watson, M. (1988). *Sources of business cycle fluctuations*. NBER Macroeconomic Annual, 3, 111-156.
- Shirvani, H., & Wilbratte, B. (1997). The relationship between the real exchange rate and the trade balance: An empirical reassessment. *International Economic Journal*, 11(1), 39-50.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica*, 48, 1-48.
- Sims, C. A. (1986). Are forecasting models usable for policy analysis? *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, 2-16.
- Sivrikaya, A., & Ongan, S. (2019). BREXIT and the J-curve hypothesis for the UK: A nonlinear ARDL approach. *Sosyoekonomi*, 27 (40), 229-239.
- Steinberg, J.B. (2019). Brexit and the macroeconomic impact of trade policy uncertainty. *Journal of International Economics*, 117, 175-195.
- Tam, P. S. (2018). Global trade flows and economic policy uncertainty. *Applied Economics*, 50, 3718-3734.
- Tian, J., Sim, N., Yan, W., & Li, Y. (2020). Trade uncertainty, income, and democracy. *Economic Modelling*, 90, 21-31.
- Truong, L. D., & Vo, D. V. (2023). The asymmetric effects of exchange rate on trade balance of Vietnam. *Heliyon*, 9, e14455.
- Tuncay, Ö., & Özkan, G. (2020). Gelişmekte olan ülkelerde reel döviz kurları ile dış ticaret ilişkisi. *Sosyal, Beşerî ve İdari Bilimler Dergisi*, 3 (11), 871-884.
- Vergil, H., & Erdoğan, S. (2009). Döviz kuru-ticaret dengesi ilişkisi: Türkiye örneği. *ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 5 (9), 35-57.
- Wang, F. & Wu, M. (2023). How does trade policy uncertainty affect China's economy and energy?. *Journal of Environmental Management*, 330, 117198.
- Yamak, R., & Korkmaz, A. (2005). Reel döviz kuru ve dış ticaret dengesi ilişkisi. *Ekonometri ve İstatistik*, 2, 11-29.
- Yaman-Songur, D. (2023). ABD ticaret belirsizliğinin Dolar-TL kuru üzerine etkisi. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 58(1), 231-243.
- Yu, M., Fan, J., Wang, H., & Wang, J. (2023). US trade policy uncertainty on Chinese agricultural imports and exports: An aggregate and product-level analysis. *International Review of Economics and Finance*, 84, 70-83.

### How cite this article

Ünlü, F. (2024). Trade balance, real exchange rate and trade policy uncertainty in Türkiye: Evidence from the SVAR approach. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 63–75. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1354907>

# Algeria's Path to Sustainable Economic Development: Is it on Track or Not?

Bouazza Elamine Zemri<sup>1</sup> , Sidi Mohamed Boumediene Khetib<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>(PhD candidate), University of Tlemcen, Faculty of Economics, Commercial and Management Sciences, Department of Economic Sciences, POLDEVA Laboratory, Algeria

<sup>2</sup>(Ph.D.), University of Tlemcen, Faculty of Economics, Commercial and Management Sciences, Department of Economic Sciences, POLDEVA Laboratory, Algeria

## ABSTRACT

In today's world, achieving sustainable economic development is a critical challenge for all nations. Their approach to progress is an attempt to harmonize economic growth with environmental protection and social well-being, ensuring that the needs of the present are met without compromising the ability of future generations to meet their own. This study focuses on Algeria, a nation striving to transition towards a more sustainable economic model. While the country has implemented various strategies aimed at economic diversification, renewable energy adoption, and foreign investment engagement, a comprehensive assessment of their effectiveness and future impact remains lacking. This study aims to fill this gap by providing a holistic analysis of Algeria's progress towards sustainable economic development. It goes beyond traditional single-factor assessments by employing a comprehensive framework and utilizing the ARIMA model and Box-Jenkins methodology to forecast the key indicators of GDP per capita, CO<sub>2</sub> emissions per capita, and unemployment rate. The results of the analysis reveal a mixed outlook. While the ARIMA (1, 1, 0) model predicts promising economic development, the ARIMA (2, 1, 2) model raises concerns about rising CO<sub>2</sub> emissions, and the ARIMA (1, 1, 1) model indicates a persistently high unemployment rate. These projections suggest that while Algeria is making strides towards improving the economy, significant challenges remain in achieving environmental sustainability and social inclusion.

**Keywords:** ARIMA model, Algeria, Box-Jenkins method, forecast, sustainable economic development.

**JEL classification :** C22, C32, Q56, O55

## Introduction

Securing sustainable economic development involves an integrative approach to progress which harmonises economic growth with social equity and environmental protection (Van Wynsberghe, 2021). Such an economic model would aim to fulfil the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet theirs (Hammer & Pivo, 2017). As the world faces unprecedented challenges, from resource scarcity to widening inequality, sustainable economic development offers a roadmap for responsible and equitable prosperity. However, achieving sustainable economic development ranks as one of the most pressing challenges confronting nations globally, with Algeria being no exception.

In a concerted effort to address the complexities of sustainable economic development, Algeria has embraced a multi-faceted strategy to forge a more diversified and sustainable economic model. Algeria has promised to develop the agriculture sector to diversify the economy away from oil and gas. The Arab Organization for Agricultural Development (AOAD) reports that Algeria's government expenditure on agriculture experienced a 4.7% growth between 2016 and 2022. Furthermore, the "New Algeria" road map introduced a new way that the country's government and citizens could thinking about serving the environment. The country has pledged to decrease greenhouse gas emissions by 7% to 22% by 2030 (Bouznit, Pablo-Romero, & Sánchez-Braza, 2020). In addition, Algeria aims to generate 27% of its electrical energy from renewable sources by 2035 (Makhloufi, Khennas, Bouchaib, & Arab, 2022). To add to this, Algeria has facilitated opportunities for foreign investment, paving the way for other nations to engage in economic activities within its borders. Notably, China has made substantial investments to various sectors with the Algerian economy, which amount to \$36 billion. These investments include: manufacturing, technology, the knowledge economy, transportation, and agriculture (Houlden & Zaamout, 2019).

**Corresponding Author:** Bouazza Elamine Zemri **E-mail:** bouazzaelamine.zemri@univ-tlemcen.dz

**Submitted:** 15.09.2023 • **Revision Requested:** 27.11.2023 • **Last Revision Received:** 14.03.2024 • **Accepted:** 29.03.2024



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

In June 2022, the number of small and medium companies (SMEs) in Algeria exceeded 1.3 million nationally, indicating a growth rate of around 4.45% compared to the same time in 2021 (Abdeldayem & Aldulaimi, 2022). However, to the best of the author's knowledge, a thorough review evaluating the effectiveness of these initiatives has not been conducted, nor have there been any projections regarding their future impact on Algeria. The government maintains a positive outlook, believing these measures will support Algeria in attaining sustainable economic growth. Nevertheless, the complete effects of these initiatives are likely to remain unclear for some time. Consequently, this study seeks to understand Algeria's historical trends and forecast potential future results from its steadfast application of the aforementioned methods.

Key indicators, such as gross domestic product per capita (GDP/capita), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions per capita, and the unemployment rate, serve as multifaceted barometers for evaluating economic progress, social inclusion, and environmental balance. As a result, these metrics are frequently employed in studies as representative dimensions of sustainable development. Numerous studies (D'Adamo, Gastaldi, & Morone, 2022; Dasgupta, 2007; Fernández-Portillo, Almodóvar-González, Coca-Perez, & Jiménez-Naranjo, 2019; Kurniawan & Managi, 2018; Park et al., 2023) have utilised GDP per capita as a measure of sustainable economic development. Furthermore, various academic investigations (Alam, Fatima, & Butt, 2007; Altıntaş & Kassouri, 2020; Khan, 2020; Vasylieva, Lyulyov, Bilan, & Streimikiene, 2019) have utilized CO<sub>2</sub> emissions per capita as a metric to gauge environmental sustainability. Conversely, Multiple scholarly papers (Dabbous & Tarhini, 2021; Matijová, Onuferová, Rigelský, & Stanko, 2019; Ngxiza, 2012; Sotiroski et al., 2023) have employed the unemployment rate as a critical metric for evaluating economic stability.

This study employed the autoregressive integrated moving average (ARIMA) model alongside the Box-Jenkins methodology to produce an informed projection of Algeria's pursuit of sustainable economic development. The pivotal indicators used in the evaluation include GDP per capita from 1960 to 2022, CO<sub>2</sub> emissions per capita for the same period, and the unemployment rate from 1967 to 2022. The central hypothesis of this study posits that Algeria's multifaceted strategies which aim to improve economic diversification, renewable energy adoption, and foreign investment engagement, may not suffice to ensure the country's transition to sustainable economic development, despite showing promise.

This study is critical because it offers a comprehensive view of sustainable economic development by integrating the economic, social, and environmental dimensions. While isolated studies focus on economic performance, environmental impact, and human development, this research amalgamates these dimensions. Furthermore, providing a forecast about significant indicators enables stakeholders to design plans which align with the objectives of the sustainable development goals (SDGs). This is not only applicable in the context of Algeria, but also in other comparable rising economies which face the intricate challenges of sustainable development.

Following this introductory section, the study continues into Section 2 with a literature review. Subsequently, the methodology section elucidates the application of the ARIMA model with the Box-Jenkins method used in this study, as expounded in Section 3. The results and discussion across the three employed ARIMA models are provided within Section 4. The study concludes by providing the conclusions of the research and recommendations.

## Literature Review

The ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) model, originally popularised by statisticians George Box and Gwilym Jenkins, is widely used for time series forecasting in various fields (Lai & Dzombak, 2020). The model is especially popular because of its flexibility in handling different types of time series data and its suitability for making short-term forecasts.

A relevant study (Nyoni & Muchingami, 2019) which focused on Botswana employed the ARIMA model and the Box-Jenkins methodology to analyse GDP per capita from 1960 to 2017. The ARIMA (3, 2, 3) model suggests that there would be a sustained improvement in the living conditions of Botswana over the next decade, which would lead to the achievement of some sustainable development goals. Another study by Voumik and Smrity (2020) aimed to forecast the real per capita GDP in Bangladesh from 1972 to 2019, using the ARIMA model for this purpose. The authors found a sustained improvement in living standards of Bangladesh, laying the foundation for sustainable growth. A study by Shaker (2022) aimed to model and forecast Egypt's GDP using ARIMA and the Box-Jenkins approach, with quarterly GDP data from 2001/02 to 2020/21. The forecasted estimates suggest that the Egyptian GDP will continue to rise as long as there are no serious swings in the economy, which will continually increase the well-being of the country's citizens.

Analysing data on CO<sub>2</sub> emissions in Iran from 1967 to 2008, Lotfalipour, Falahi, and Bastam (2013) forecasted the future CO<sub>2</sub> emissions using the grey and ARIMA models. The study found that both the grey and ARIMA model were effective in predicting CO<sub>2</sub> emissions in Iran. However, the grey model outperformed the ARIMA model in terms of accuracy and precision. The researchers attributed this to the ability of the grey model to capture the nonlinear patterns and fluctuations in the data. The study also highlighted the importance of considering such factors as population growth, energy consumption, and economic

development in predicting CO<sub>2</sub> emissions as a leading indicator of Iran's path to sustainable economic development. Another study (Olabemiwo, Danmaliki, Oyehan, & Tawabini, 2017) used the ARIMA model to forecast the CO<sub>2</sub> emissions in the Persian Gulf States (Bahrain, Iran, Iraq, Kuwait, Qatar, Saudi Arabia, and the United Arab Emirates) between 1980 and 2010. The results of the study suggest that the CO<sub>2</sub> emission variable can be used to represent the environmental degradation of sustainable development in these nations. In a paper by Chen, Chen, Mao, Wang, and Peng (2022), the STIRPAT and ARIMA models were used to identify the key mitigation regions and strategies for the reduction of CO<sub>2</sub> emissions in China. The authors used the STIRPAT model to identify the factors that are most important for CO<sub>2</sub> emissions in the country. They found the three most important factors to be population, affluence, and technology. They then used the ARIMA model to forecast CO<sub>2</sub> emissions in China under different scenarios. Another study by Kour (2022) used the ARIMA model to forecast CO<sub>2</sub> emissions in South Africa, using the annual data from 1980 to 2016. The results of the study suggest that the ARIMA model can be used to forecast CO<sub>2</sub> emissions in South Africa with a reasonable degree of accuracy. According to the estimate, it is projected that CO<sub>2</sub> emissions in South Africa would continue to increase at a consistent rate over the next decade, which would pose important challenges in terms of protecting the environment.

A paper by Adenomon (2017) employed the ARIMA model to forecast the unemployment rates of Nigeria, using the annual data between 1972 and 2014. The ARIMA (2, 1, 2) model suggested that unemployment rates in Nigeria were rising, which was likely to impose major social inequality and prevent the achievement of the United Nations sustainable development goals (SDGs). Another study from Didiharyono and Syukri (2020) employed the ARIMA model to forecast the open unemployment rates in South Sulawesi, Indonesia. The paper used monthly data on the open unemployment rates from January 2015 to December 2019. The authors found the best ARIMA model for determining the open unemployment rates in is the region to be ARIMA (1, 1, 1). This means that the model has one AR term, one MA term, and no differencing. The study concluded that if the government continues with the measures that they have employed, the unemployment rates would decrease, which would help to foster long-term sustainability. Another study (Benayad & Halimi, 2022) used the SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) model to make predictions about the unemployment rates in Algeria. This study utilises the monthly data pertaining to unemployment rates between the years 2001 and 2021. The study determined the most optimal SARIMA model for analysing the unemployment rates in Algeria to be SARIMA (5, 1, 3) (1, 0, 0). This implies that the model consists of five autoregressive (AR) terms, one moving average (MA) term, three seasonal autoregressive (AR) terms, and no seasonal moving average (MA) terms. The study found that unemployment rates in Algeria began to rise due to the absence of economic diversification, which then lead to social problems.

Most of the previous studies isolate economic, social, and environmental indicators in forecasting the sustainable economic development, which means that they are not comprehensive in their forecasting attempts. The present study, on the other hand, makes use of ARIMA models to forecast several key indicators at once, such as GDP per capita, CO<sub>2</sub> emissions per capita, and the unemployment rate, for Algeria, which is an area notably underexplored in the literature. It addresses the gap in predictive analysis in the context of emerging economies, offering a novel integrative approach. This research not only contributes to the theoretical understanding of sustainable development, but also serves as a comprehensive model that can be replicated or adapted by other similar economies, thereby significantly contributing to the literature on sustainable economic development and providing a realistic assessment of progress towards sustainable development goals (SDGs).

## Methodology

Three ARIMA models were developed to forecast the aforementioned variables up to the year 2035. In the following sections, the gross domestic product (GDP) per capita in Algeria from 1960 to 2022, as reported by Our World in Data, and the carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions per capita in Algeria over the same time, as provided by the World Bank Data, will be examined. The present analysis examines the unemployment rate in Algeria between 1967 and 2022, using data sourced from the Algerian National Statistics Office (ONS).

As depicted in Figure 1, the study methodology commenced by assessing the stationarity of the time series data through visual representations, namely by charting the data and scrutinising the plots of the autocorrelation function (ACF) and partial autocorrelation function (PACF). The ADF and KPSS tests were employed to conduct to ensure that this study was a formal examination. The data exhibited non-stationarity; hence, differencing was employed to mitigate the mean and variance instability. Subsequently, the ARIMA model was constructed using the ACF and PACF plots to determine the appropriate model order. The model was fitted and evaluated using such metrics as AIC or BIC to determine the most suitable fit. Next, the stability of the model was assessed by statistically analysing the residuals. After validation, the model was employed to predict time series data.

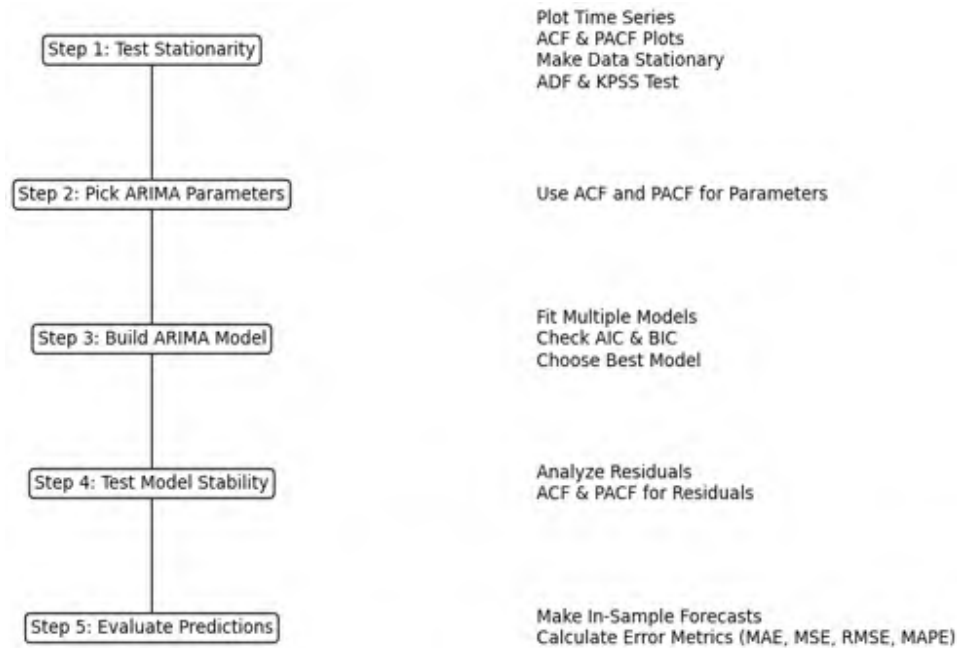


Figure 1. Steps for forecasting with the ARIMA model.

Source: Produced by the authors.

### Model Specification

The autoregressive integrated moving averages (ARIMA) model, introduced by Box and Jenkins in 1970, remains a cornerstone in time series forecasting (Newbold, 1983). This model, particularly in its non-seasonal form ARIMA (p, d, q), extends from the ARMA structure, incorporating the parameters of: p for the autoregressive order, d for the differencing degree, and q for the moving-average order (Aser & Firuzan, 2022). The ARIMA model analyses time series data by combining the autoregressive (AR) and moving averages (MA) models. The stationary time series may be represented by a linear equation with prior observations and random errors (Bulut & Hudaverdi, 2022).

The ARIMA model includes an autoregressive component AR(p), which quantifies the influence of preceding p observations on the current value. The above expression can be represented as an equation:

$$Y_t = C + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \epsilon_t \tag{1}$$

where  $Y_t$  is the value of the time series at time t, C represents a constant,  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ , are the AR coefficients, and  $\epsilon_t$  is the error term. To achieve stationarity, the integrated component I(d) involves differencing the series d times. The process of first-order differencing refers to the computation of the difference between consecutive values in a sequence and it is outlined as:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} \tag{2}$$

The moving average MA(q) component captures the relationship between the current observation and the residual errors from previous q observations. It is denoted as:

$$Y_t = C + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \theta_2 \epsilon_{t-2} + \dots + \theta_p \epsilon_{t-q} + \epsilon_t \tag{3}$$

In this expression,  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p$  represent the coefficients of the MA model.

The Comprehensive ARIMA model integrates the AR, I, and MA components, with the complete ARIMA (p, d, q) model being formulated as:

$$\Delta^d Y_t = C + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta^d Y_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \epsilon_{t-i} + \epsilon_t \tag{4}$$

This formula signifies that the d differenced of the series  $Y_t$ , value  $\Delta^d Y_t$  is a function of both past values and past forecast errors. In it,  $\phi_i$  are the AR coefficients, while  $\theta_i$  are the MA coefficients.

## Data and Variables

This section delves into the data and variables that were used to analyse Algeria's economic development and its environmental impact. It outlines the research hypotheses and dependent variables for each model employed in the study.

**Table 1.** *Research hypothesis and dependent variable of the GDP per capita model*

Research Hypothesis	Dependent Variable	Time Period (Annual)	Source
There is a statistically significant relationship between time and GDP per capita that can be modelled through an ARIMA forecast.	Gross domestic product per capita  GDP/capita (US \$)	1960 - 2022	The World Bank Data

Source: Produced by the authors.

**Table 2.** *Research hypothesis and dependent variable of the CO<sub>2</sub> emissions per capita model*

Research Hypothesis	Dependent Variable	Time Period (Annual)	Source
There is a statistically significant relationship between time and CO <sub>2</sub> emissions per capita that can be modelled through an ARIMA forecast.	CO <sub>2</sub> emissions per capita  (Tons of CO <sub>2</sub> per capita)	1960 - 2022	Our World in Data

Source: Produced by the authors.

**Table 3.** *Research hypothesis and dependent variable of the unemployment rate model*

Research Hypothesis	Dependent Variable	Time Period (Annual)	Source
There is a statistically significant relationship between time and unemployment rate that can be modelled through an ARIMA forecast.	Unemployment Rate (%)	1967 - 2022	Algerian National Statistics Office (ONS)

Source: Produced by the authors.

Tables 1, 2, and 3 above present the three ARIMA models that can be used for forecasting time series on GDP per capita, CO<sub>2</sub> emissions per capita, and unemployment rate, respectively. Each of the models include the GDP and CO<sub>2</sub> per capita data between the years 1960 and 2022, as well as the unemployment rate data from 1967 through 2022.

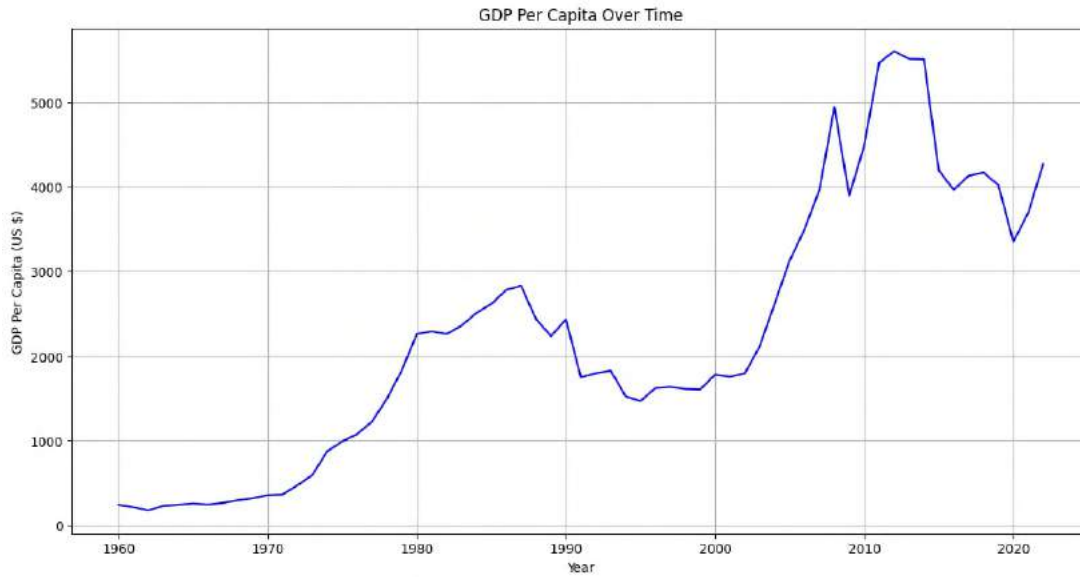
## Results and Discussion

This section presents the findings of the analysis conducted on Algeria's economic development and the related environmental impact. It delves into the three key indicators: GDP per capita, CO<sub>2</sub> emissions per capita, and unemployment rate over a specific period.

Figure 2 illustrates the GDP per capita in Algeria between the years 1960 and 2022. The increasing GDP per capita suggests a favorable trend over time, which indicates economic progress. There were no seasonal impacts, despite the upward trajectory. The absence of a cyclical pattern showed that the data might not have had a regular up-and-down cycle. Thus, it was crucial to check for stationarity using a time series analysis, especially before fitting the data in models like ARIMA.

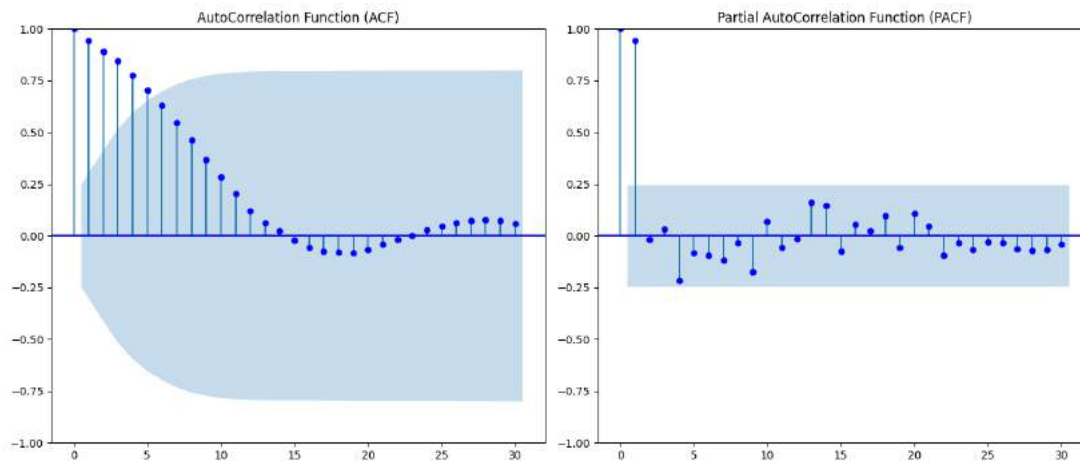
A stationary time series is a sequence of data for which the statistical properties, such as the mean, variance, and autocorrelation, remain constant over the period of analysis. The Autocorrelation Function (ACF) and Partial Autocorrelation Function (PACF) plots in Figure 3 illustrate the presence of autocorrelation within the dataset. As Dickey and Fuller (1979) highlighted, understanding the distribution of estimators within an autoregressive time series with a unit root is crucial to be able to grasp the dynamics of time series data. Therefore, to verify the reliability of our data, we conducted the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test.





**Figure 2.** Trends of GDP per capita in Algeria (1960-2022).

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5; Original data from The World Bank.



**Figure 3.** ACF plot and PACF plot of the GDP per capita model.

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

Based on the data shown in Table 4, the ADF statistic exceeds all crucial levels and the p-value exceeds 0.05, proving that we cannot reject the null hypothesis. Both of these factors indicate that the time series is non-stationary.

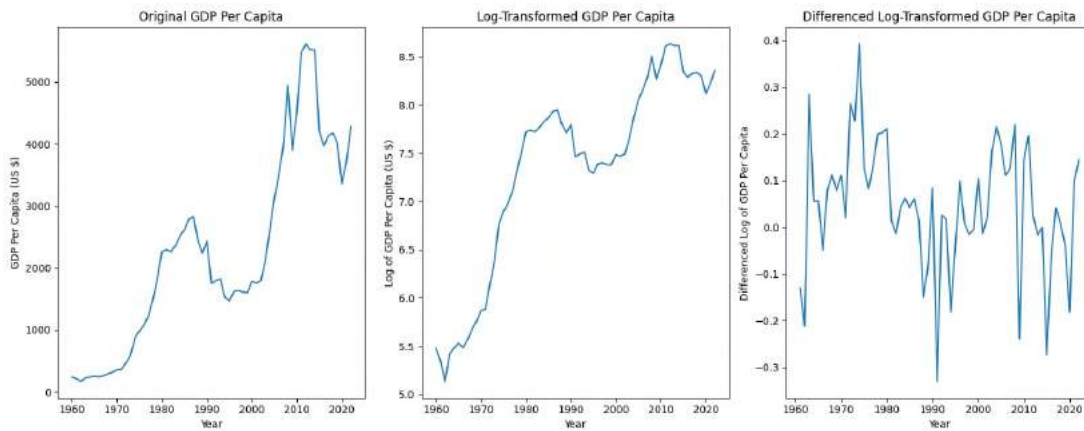
**Table 4.** Outcomes of the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test for the GDP per capita model.

Test Statistic	p-value	Critical Value		
		1%	5%	10%
-0.91170	0.7840	-3.5405	-2.9094	-2.59231

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

Based on the visual assessment and the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test results, it is clear that the time series shows non-stationarity. Therefore, the subsequent step would include implementing data transformations to attain stationarity. Before utilising ARIMA models, it is essential to ensure the stationarity of the series. The initial step entails transforming the GDP per capita data into its logarithmic scale. This method is very beneficial for addressing exponential growth or compounding effects. However, after evaluating the data, it still exhibits non-stationarity. Thus, differencing is required to attain stationarity.

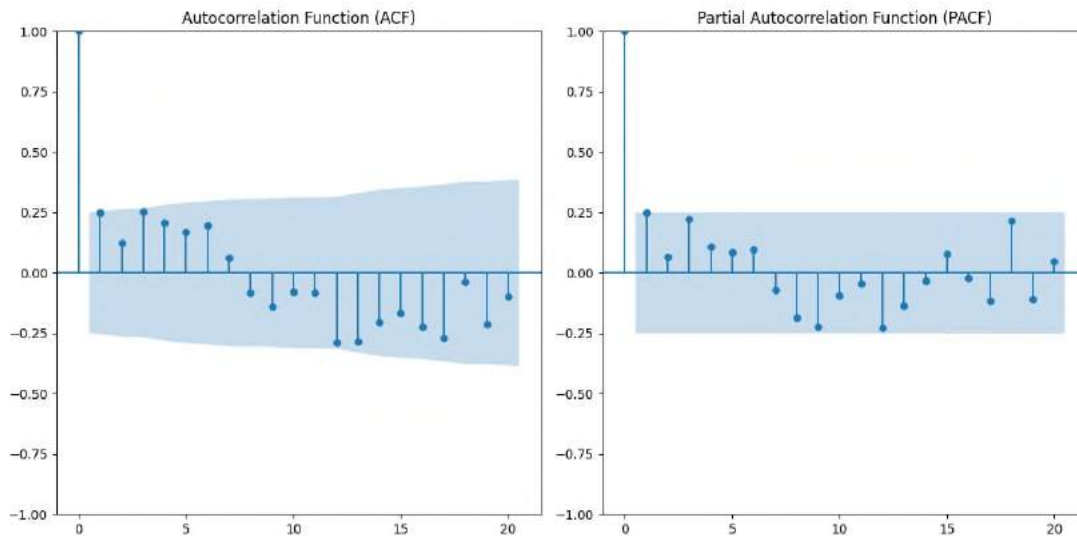
From the data illustrated in Figure 4, it became evident that the trend had diminished, suggesting that applying differencing had contributed to stabilizing the series. Nonetheless, further investigations were deemed necessary to confirm the stability indicated by the ACF and PACF plots, as well as the results of the Augmented Dickey-Fuller (ADF) and KPSS tests.



**Figure 4.** First order differencing plot of the GDP per capita model.

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

The data presented in Figure 5 revealed that the autocorrelations declined swiftly, indicating the series might have reached stationarity. Similarly, the rapid decrease in partial autocorrelations suggested that differencing effectively removed any trends in the data. This evidence implied that the process of differencing had enhanced the series' stationarity, an essential condition for applying an ARIMA model.



**Figure 5.** ACF plot and PACF plot first differenced of the GDP capita model.

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

As can be seen in Table 5, the ADF statistic is less than the critical values, and the p-value is less than 0.05. Therefore, we reject the null hypothesis, indicating that the series is stationary after differencing. Moreover, the KPSS test statistic is less than the critical values, and the p-value is greater than 0.05. Thus, both tests suggest that the difference series is stationary. This aligns with the findings of Kwiatkowski et al. (1992), who developed the KPSS test to challenge the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root, providing a critical tool for assessing the stationarity of economic time series data.

The determination of ARIMA model parameters  $p$  and  $q$  often involves the use of autocorrelation function (ACF) and partial autocorrelation function (PACF) plots of the time series in a stationary state. The value of  $q$ , which represents the moving average (MA) component, may be determined by identifying the number of lags at which the autocorrelation function (ACF) becomes statistically insignificant and shuts off. The determination of the value of  $p$ , the autoregressive (AR) component, may be obtained by observing the number of lags at which the partial autocorrelation function (PACF) ceases to be statistically significant.

**Table 5.** The findings of the ADF and the KPSS tests of differenced log-transformed for the GDP per capita model.

Variables	ADF at first difference					KPSS Test at first difference					Result
	Test statistic	p-value	Critical Values			Test statistic	p-value	Critical Values			
			1%	5%	10%			1%	5%	10%	
DLGDP	-2.654530	0.001	-3.19	-2.33	-2.03	0.095	0.1	0.63	0.36	0.24	stationary

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

Based on the information presented in Table 6, the ARIMA (1,1,0) had the lowest AIC and BIC values, suggesting that it is the most efficient model in terms of balancing goodness-of-fit with simplicity. It also has normal residuals, which is a positive aspect. The residuals are normally distributed.

**Table 6.** Performance of ARIMA models for the GDP per capita model.

Model	AIC	BIC	Significant Coefficients	Ljung-Box(Q)	Jarque Bera (JB)	Residuals Analysis
ARIMA (0, 1, 1)	-30.882	-32.628	All	No autocorrelation	Non-normal	Non-normal
ARIMA (1, 1, 0)	-38.354	-35.100	All	No autocorrelation	Normal	Normal residuals Best AIC/BIC
ARIMA (1, 1, 1)	-34.500	-31.250	Few	No autocorrelation	Non-normal	Non-normal residuals
ARIMA (2, 1, 1)	-36.237	-37.729	Few	No autocorrelation	Non-normal	Some coefficients not sign.
ARIMA (1, 1, 2)	-37.272	-38.764	Few	No autocorrelation	Non-normal	Some coefficients not sign.

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

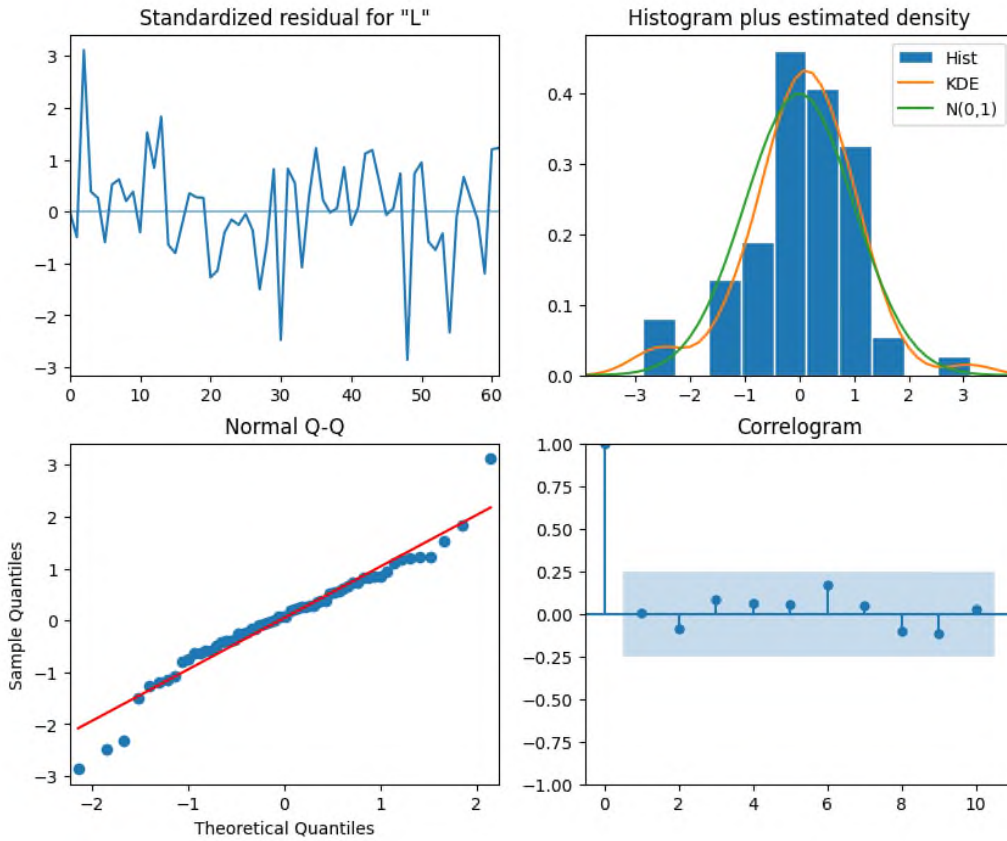
The data illustrated by Table 7 suggests that the ARIMA model (1,1,0) fit the data well, with the model's assumptions (such as no autocorrelation in residuals, normality of residuals, and homoscedasticity) not being violated. The negative coefficient of the AR term indicated that lower values of the log-transformed GDP per capita followed higher values in the subsequent period.

**Table 7.** ARIMA model results for the GDP per capita model.

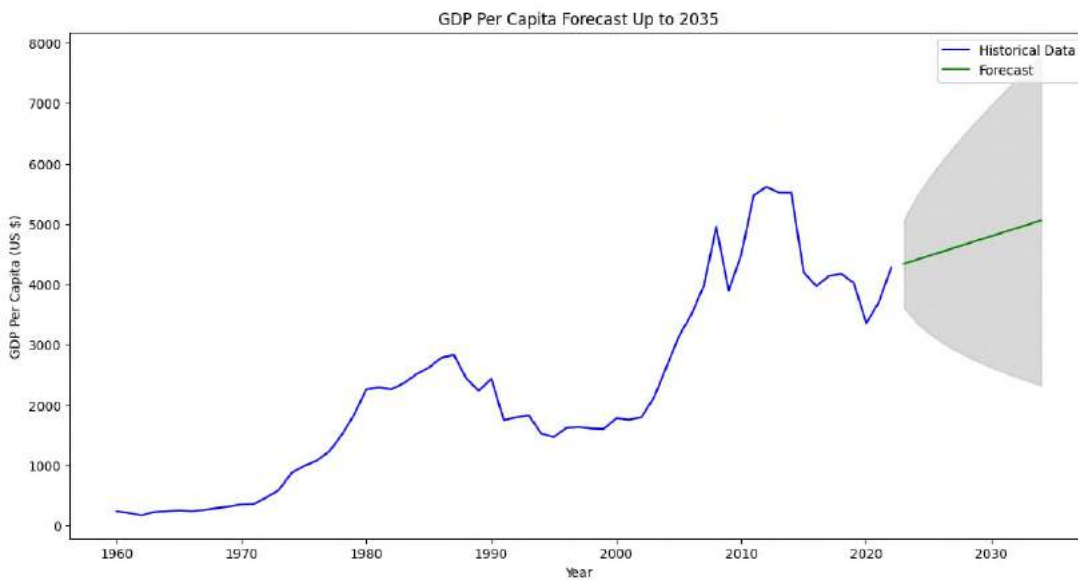
Dep. Variable:	GDP/ capita			No. Observations	63	
Model:	ARIMA (1, 1, 0)			Log Likelihood	21.177	
Date:	Thu, 07 Dec 2023			AIC	-38.354	
Time:	09:58:11			BIC	-35.100	
Sample:	1960 - 2022			HQIC	-36.684	
Covariance	opg					
	Coef	Std err	Z	P> z	0.025	0.975
ar.L1	0.4282	0.118	3.627	0.000	0.159	0.698
sigma2	0.9251	0.461	2.312	0.000	0.013	0.034
Ljung-Box (L1) (Q)	1.69			Jarque-Bera (JB)	2.19	
Prob (Q)	0.19			Prob (JB)	0.33	
Heteroskedasticity (H)	1.29			Skew	-0.15	
Prob(H) (two-sided)	0.56			Kurtosis	2.90	

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

The assessments presented in Figure 6 demonstrate that the ARIMA (1,1,0) model was appropriate. The residuals were standard, indicating the model’s predictive proficiency. Additionally, converting the logarithmic data back to its original scale, a common and often necessary step in time series forecasting, was achieved using the exponential function.



**Figure 6.** Diagnostic tests results of the GDP per capita model.  
 Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.



**Figure 7.** Forecasted trend of GDP per capita in Algeria.  
 Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

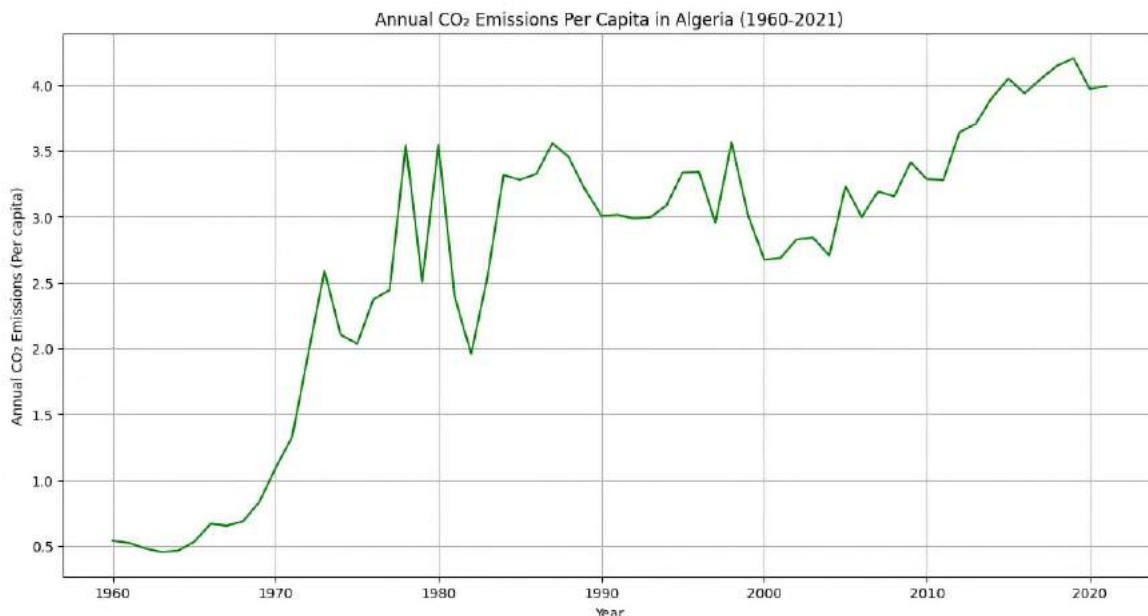
**Table 8.** Forecasted GDP per capita in Algeria with confidence intervals

Years	Forecasted GDP/capita (US \$)	Lower Bound	Upper Bound
2023	4011.87	3149.95	5323.94
2024	4042.92	3141.34	5433.96
2025	4069.87	3137.04	5553.21
2026	4100.09	3042.43	6240.93
2027	4112.43	2879.94	6290.76
2028	4115.08	2860.66	6793.87
2029	4119.95	2702.52	6801.02
2030	4296.94	2633.94	6809.04
2031	4291.83	2570.02	6991.50
2032	4306.94	2449.39	7021.29
2033	4312.39	2391.93	7404.43
2034	4357.17	2381.09	7634.04
2035	4387.84	2349.94	7689.25

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

Based on the findings shown in Table 8 and Figure 7, it is evident that the ARIMA (1, 1, 0) model, which was previously used, yielded a projection which indicates a primarily upward trajectory for GDP per capita until the year 2035. There were 95% confidence intervals for the prediction, which offered a range of potential outcomes. The width of these intervals expanded as the projection progressed farther into the future, suggesting a growing level of uncertainty. The ARIMA (1, 1, 0) model has an average mean absolute error (MAE), of approximately 476.87 units in GDP per capita, with a 9.23% mean absolute percentage error (MAPE). While the model provides a reasonable approximation, the error metrics suggest potential for improvement. Overall, it serves as a valuable model for forecasting the GDP per capita.

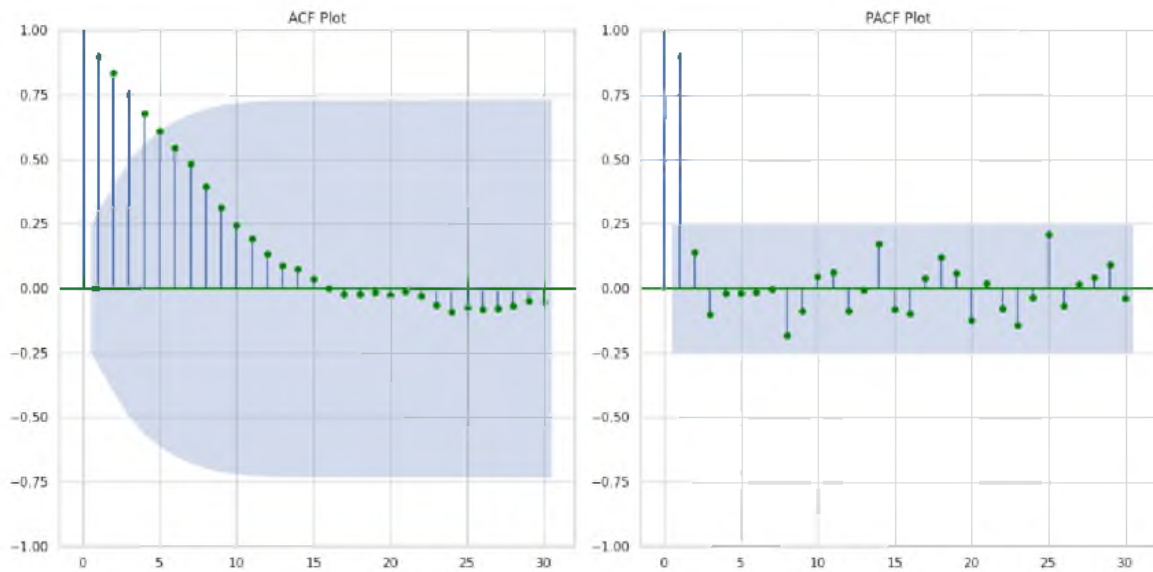
**CO<sub>2</sub> emissions per capita model**



**Figure 8.** Trends of CO<sub>2</sub> emissions per capita in Algeria (1960-2022).

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5; Original data from Our World in Data.

From Figure 8, Figure 9, and Table 9, it can be observed that both the visual method (ACF and PACF plots) and the ADF test suggested that the time series was likely not stationary. Non-stationary data often requires transformations (like differencing) to become stationary, a common prerequisite for employing ARIMA models.



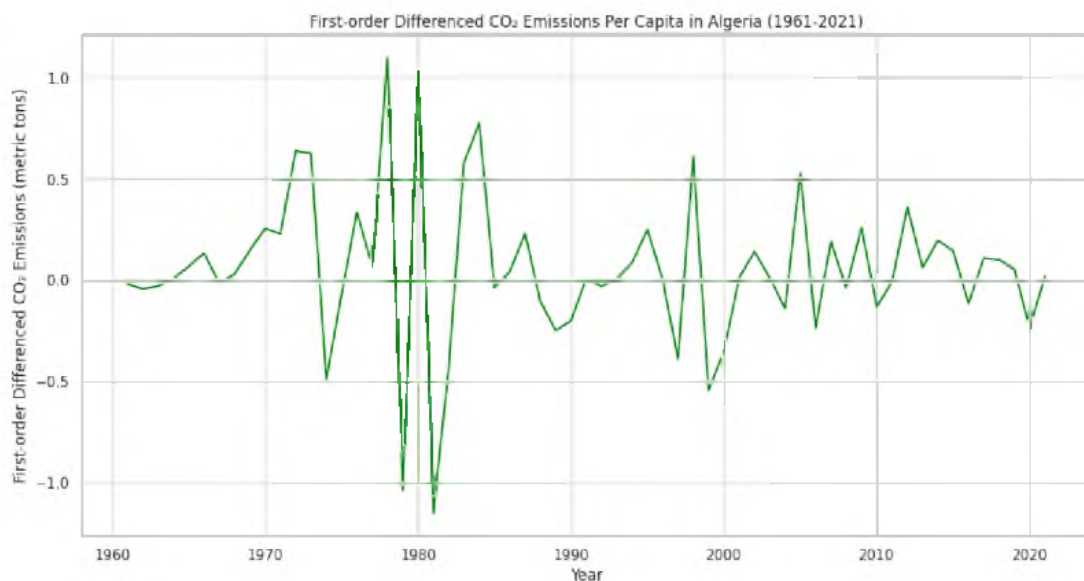
**Figure 9.** ACF plot and PACF plot the CO<sub>2</sub> per capita model.  
 Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

**Table 9.** Outcomes of the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test for the CO<sub>2</sub> per capita model.

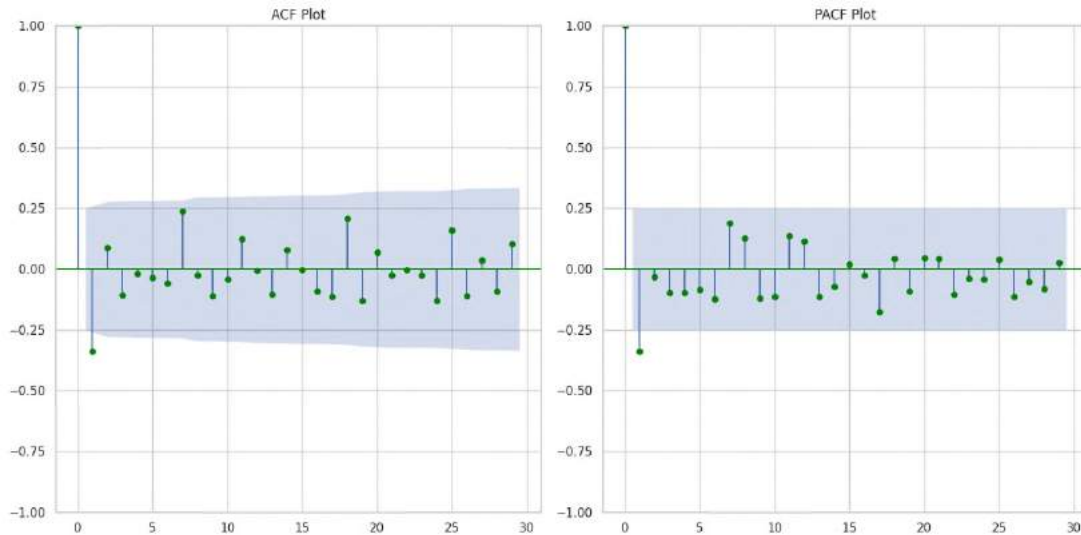
Test Statistic	p-value	Critical Value		
		1%	5%	10%
-1.66	0.45	-3.54	-2.91	-2.59

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

Figure 10, Figure 11, and Table 10 indicate that the time series had been transformed into a stationary series. This characteristic made it suitable for further analysis with time series models like ARIMA.



**Figure 10.** First-order differencing for the CO<sub>2</sub> emissions per capita model.  
 Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.



**Figure 11.** ACF plot and PACF plot first differencing of the CO<sub>2</sub> per capita model.

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

**Table 10.** The findings of the augmented dickey-fuller (ADF) and the KPSS tests for the CO<sub>2</sub> per capita model.

Variables	ADF at first difference					KPSS Test at first difference					Result
	Test statistic	p-value	Critical Values			Test statistic	p-value	Critical Values			
			1%	5%	10%			1%	5%	10%	
DCO2	-10.85	1.56×10 <sup>-19</sup>	-3.54	-2.91	-2.59	0.1077	0.1	0.73	0.46	0.34	stationary

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

Based on the information shown in Table 11, the ARIMA (2, 1, 2) had the lowest AIC and BIC values, suggesting it was the most efficient model in terms of balancing goodness-of-fit with simplicity. It also had normal residuals, which was a positive aspect.

**Table 11.** Performance of ARIMA models for the CO<sub>2</sub> per capita model.

Model	AIC	BIC	Significant Coefficients	Ljung-Box(Q)	Jarque Bera (JB)	Residuals Analysis
ARIMA (1, 1, 1)	56.98	63.31	No	Autocorrelation	Normal	Normal residuals
ARIMA (1, 1, 0)	59.46	64.21	All	Autocorrelation	Normal	Normal residuals
ARIMA (1, 1, 2)	58.93	67.37	None (No AR/MA terms)	Autocorrelation	Non-normal	Normal residuals
ARIMA (2, 1, 1)	58.97	67.41	Few	No autocorrelation	Non-normal	Simple, but worse fit
ARIMA (2, 1, 2)	55.00	59.22	All	No autocorrelation	Normal	Normal residuals Best AIC/BIC

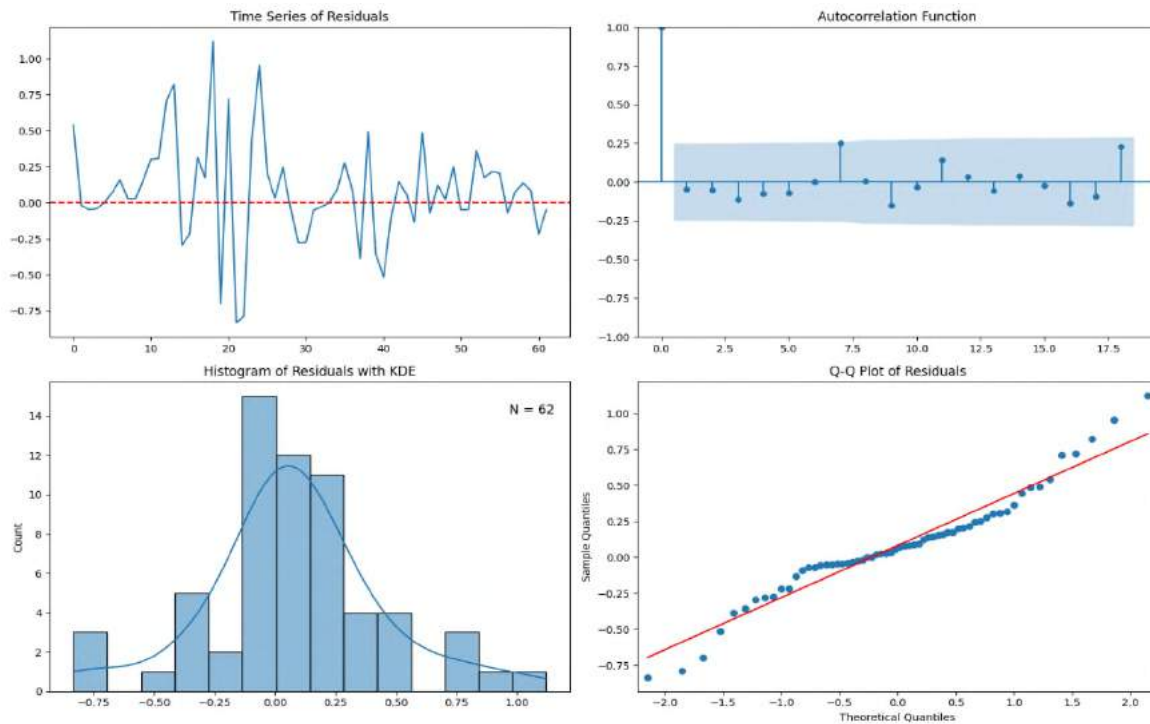
Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

Based on the information provided in Table 12 and Figure 12, it can be noted that the ARIMA (2, 1, 2) model was selected from the ACF and PACF plots. The statistical testing indicated that the model fit most data structures. The standardised residuals are near zero and exhibit constant variance, showing that the model is an appropriate fit. The residuals are normally distributed from the histogram and in a standard Q-Q plot. The residuals are not autocorrelated in the correlogram, showing that the model has captured most of the time-dependent data structure. The ARIMA (2, 1, 2) model thus effectively analyses Algeria's annual CO<sub>2</sub> emissions per capita. The model passed several diagnostic tests. Thus, the residuals are well-behaved, and most of the time-dependent structure in the data has been captured. As a result, the model is forecastable.

**Table 12.** ARIMA model results for the CO<sub>2</sub> per capita model

Dep. Variable:	CO <sup>2</sup> emissions per capita			No. Observations	63	
Model:	ARIMA (2, 1, 2)			Log Likelihood	-22.892	
Date:	Thu, 07 Dec 2023			AIC	55.00	
Time:	11:49:24			BIC	59.22	
				HQIC	62.467	
Sample:	1960 - 2022					
Covariance:	opg					
	Coef	Std err	Z	P> z	0.025	0.975
ar.L1	0.9831	0.452	2.175	0.037	0.131	1.104
ar.L2	0.894	0.515	1.734	0.001	-0.265	0.889
ma.L1	-1.0971	0.354	-3.092	0.015	-0.131	1.736
ma.L2	2.7334	1.214	2.251	0.003	-1.338	3.193
sigma2	0.1348	0.021	6.419	0.000	0.094	0.172
Ljung-Box (L1) (Q)	0.14			Jarque-Bera (JB)	4.58	
Prob(Q)	0.70			Prob (JB)	0.10	
Heteroskedasticity (H)	0.18			Skew	0.11	
Prob(H) (two-sided)	0.41			Kurtosis	3.28	

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.



**Figure 12.** Diagnostic test results of the CO<sub>2</sub> emissions per capita model.

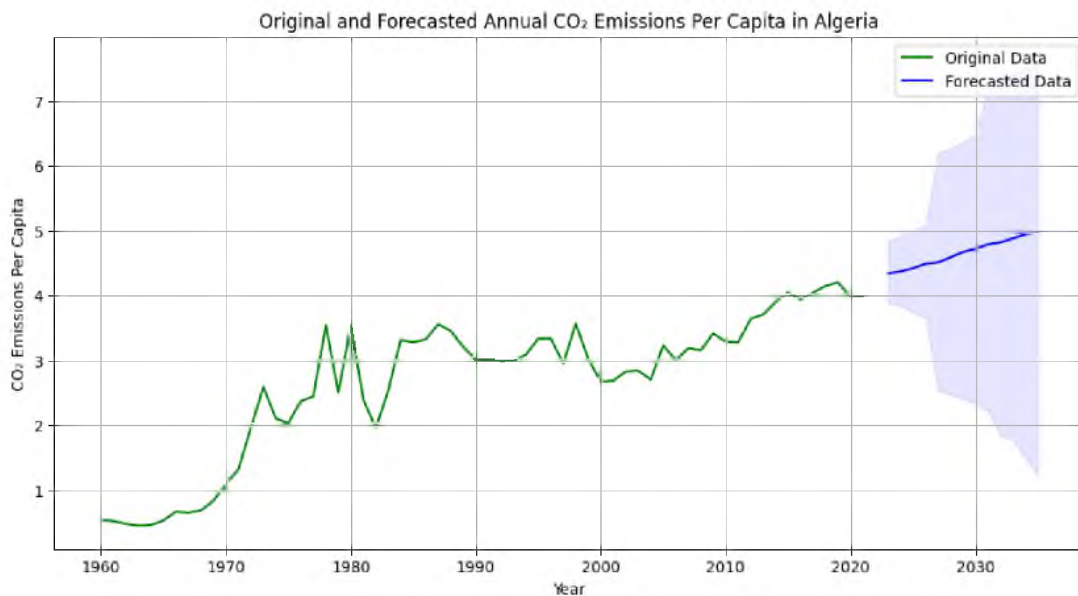
Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

According to the information presented in Table 13 and Figure 13, the forecast for CO<sub>2</sub> emissions per capita from 2023 to 2035 showed a gradual increase, rising from 4.34 to 4.97. Notably, the gap between the lower and upper bounds expanded significantly over time. This trend indicates a projected increase in CO<sub>2</sub> per capita emissions.



**Table 13.** Forecasted CO<sub>2</sub> emissions per capita in Algeria with confidence intervals.

Years	Forecasted CO <sub>2</sub> emissions per capita	Lower Bound	Upper Bound
2023	4.34	3.88	4.85
2024	4.37	3.85	4.91
2025	4.42	3.74	5.01
2026	4.49	3.66	5.09
2027	4.51	2.54	6.19
2028	4.59	2.47	6.27
2029	4.67	2.41	6.37
2030	4.72	2.33	6.48
2031	4.79	2.21	7.19
2032	4.82	1.84	7.34
2033	4.88	1.78	7.41
2034	4.94	1.49	7.51
2035	4.97	1.23	7.63



**Figure 13.** Forecasted trend of CO<sub>2</sub> emissions per capita in Algeria.

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

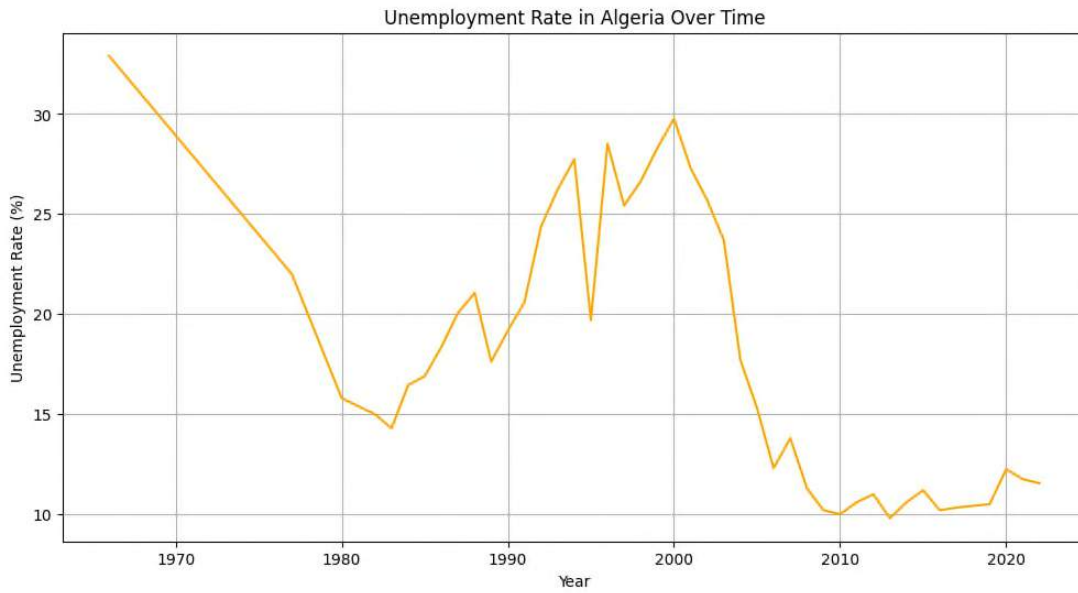
### Unemployment rate model

As depicted in Figure 14, Figure 15, and Table 14, the time series data demonstrated non-stationarity, as evidenced by both visual analysis through ACF and PACF plots and statistical evaluation via the ADF test. To meet the standard prerequisites for ARIMA modeling, it was necessary to apply differencing to achieve stationarity.

**Table 14.** The outcomes of the augmented dickey-fuller (ADF) test for the unemployment rate model.

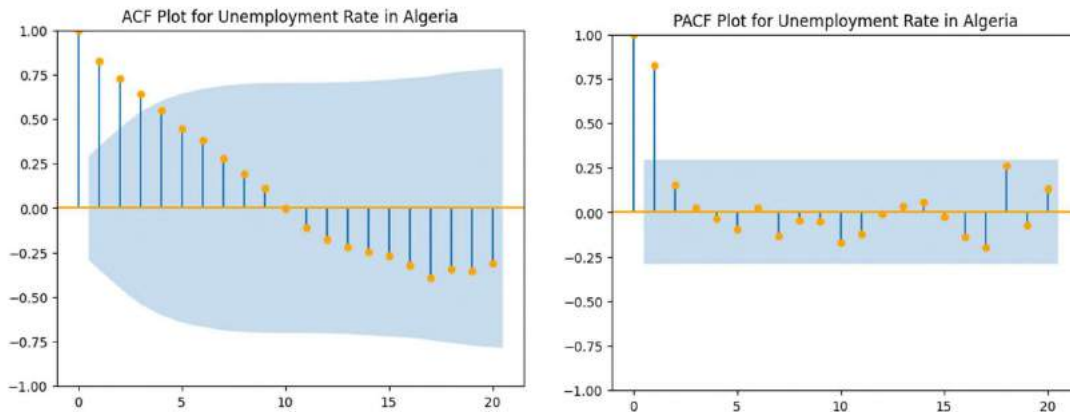
Test Statistic	p-value	Critical Value		
		1%	5%	10%
-2.34	0.16	-3.59	-2.93	-2.60

Source: Created by the authors using Python 3.11.5.



**Figure 14.** Trends of unemployment rate in Algeria (1960-2022).

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5; Original data from Algerian National Statistics Office.



**Figure 15.** ACF plot and PACF plot unemployment rate model.

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

**Unemployment rate model**

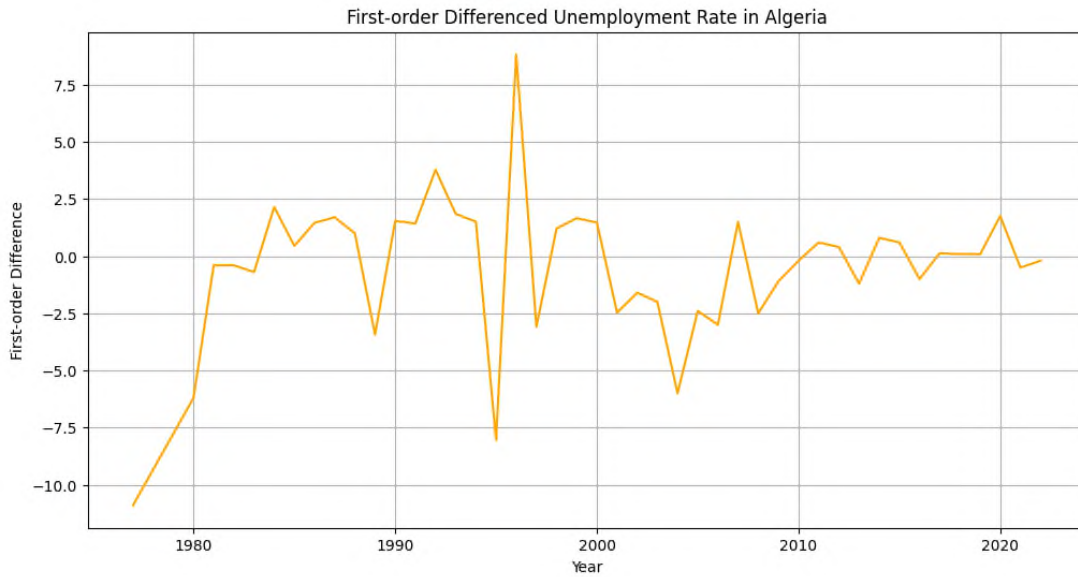
The time series plots, as illustrated in Figures 16 and 17, did not exhibit a persistent trend or seasonality, yet they showed periodic variations. The autocorrelation function (ACF) plot revealed the presence of statistically significant lags, indicating that the time series exhibited non-random behavior. The partial autocorrelation function (PACF) graphic illustrates the residual relationship between the time series and its lags, not explainable by the preceding lags. Based on the ADF test, the null hypothesis was rejected, leading to the conclusion that the time series was non-stationary. To achieve stationarity, the differencing approach was employed, specifically by plotting the first-order differences.

As can be seen in Table 15, both the ADF and KPSS tests indicate that the series exhibits stationarity.

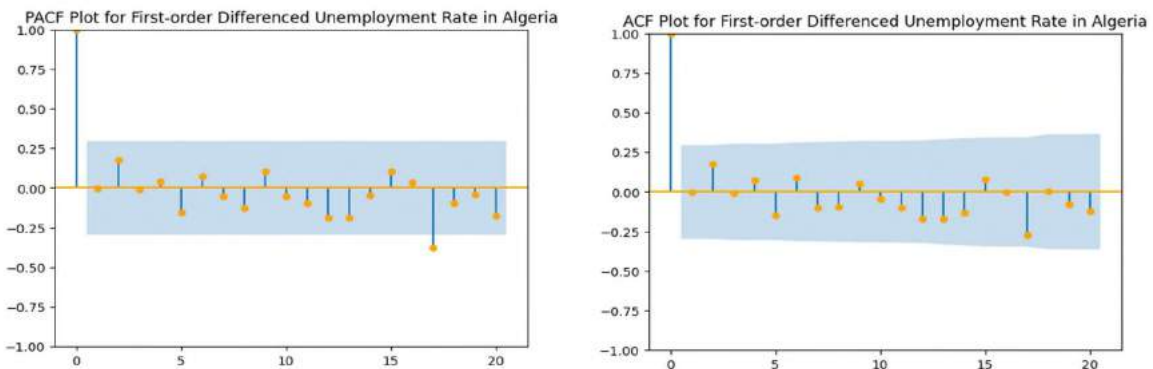
**Table 15.** The findings of the augmented dickey-fuller (ADF) and the KPSS tests for the unemployment rate model.

ADF Test					KPSS Test				
Test Statistic	p-value	Critical Value			Test Statistic	p-value	Critical Value		
		1%	5%	10%			1%	5%	10%
-7.45	$5.70 \times 10^{-11}$	-3.59	-2.93	-2.60	0.12	0.10	0.73	0.46	0.34

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.



**Figure 16.** First order differencing plot of the unemployment rate model.  
 Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.



**Figure 17.** ACF plot and PACF plot first differencing of the unemployment rate model.  
 Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

Based on the data shown in Table 16, the ARIMA (1, 1, 1) has the lowest AIC and BIC values, suggesting that it is the most efficient model in terms of balancing goodness-of-fit with simplicity. It also has normal residuals, which is a positive aspect. The residuals are normally distributed.

**Table 16.** Performance of ARIMA models for the unemployment rate model.

Model	AIC	BIC	Significant Coefficients	Ljung-Box(Q)	Jarque Bera (JB)	Residuals Analysis
ARIMA (0, 1, 1)	229.38	231.39	Few	Autocorrelation	Normal	Some coefficients not sign.
ARIMA (1, 1, 0)	229.08	232.28	None (No AR/MA terms)	Autocorrelation	Non-normal	Simple, but worse fit
ARIMA (1, 1, 1)	228.57	230.35	All	No autocorrelation	Normal	Normal residuals Best AIC/BIC
ARIMA (2, 1, 0)	228.89	231.40	Few	No autocorrelation	Non-normal	Non-normal

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

According to the information found in Table 17 and Figure 18, the ARIMA (1, 1, 1) model posits the unemployment rate as a stochastic process, characterised by a random walk, and disregards any underlying trend or seasonal patterns within the data. The model above can provide predictions about the unemployment rate in Algeria. The analysis of the histogram of residuals indicates that the distribution of residuals deviates somewhat from normality, yet it exhibits a high degree of similarity. The ACF and PACF indicate the absence of autocorrelation.

Table 17. ARIMA model results for the unemployment rate model.

Dep. Variable:	Unemployment Rate (%)			No. Observations	56	
Model:	ARIMA (1, 1, 1)			Log Likelihood	-113.287	
Date:	Fri, 08 Dec 2023			AIC	228.574	
Time:	09:14:05			BIC	230.351	
Sample:	1967 - 2022			HQIC	229.236	
Covariance	opg					
	Coef	Std err	Z	P> z	0.025	0.975
ar.L1	0.8797	0.336	2.615	0.003	-0.539	1.220
ma.L1	0.8155	0.395	2.062	0.000	0.041	1.590
Ljung-Box (L1) (Q)	0.33			Jarque-Bera (JB)	19.33	
Prob(Q)	0.56			Prob (JB)	0.061	
Heteroskedasticity (H)	0.03			Skew	-0.42	
Prob(H) (two-sided)	0.30			Kurtosis	2.87	

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

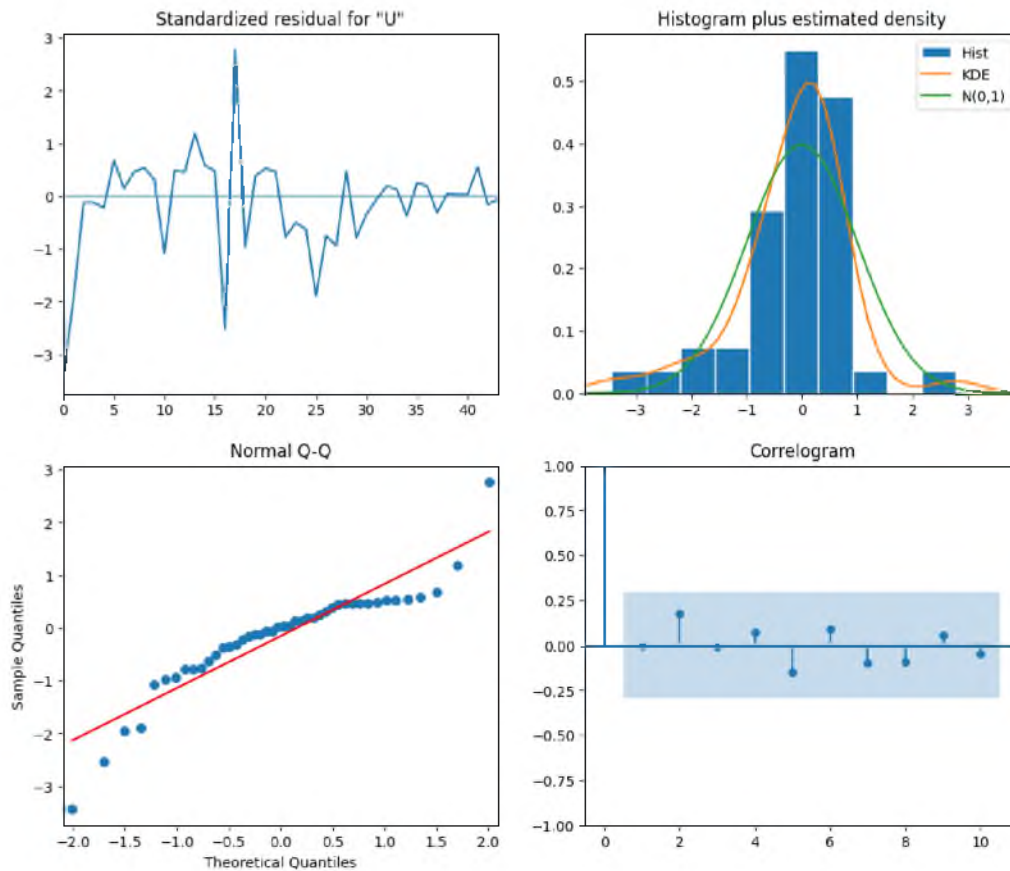


Figure 18. Diagnostic test results of the unemployment rate model.

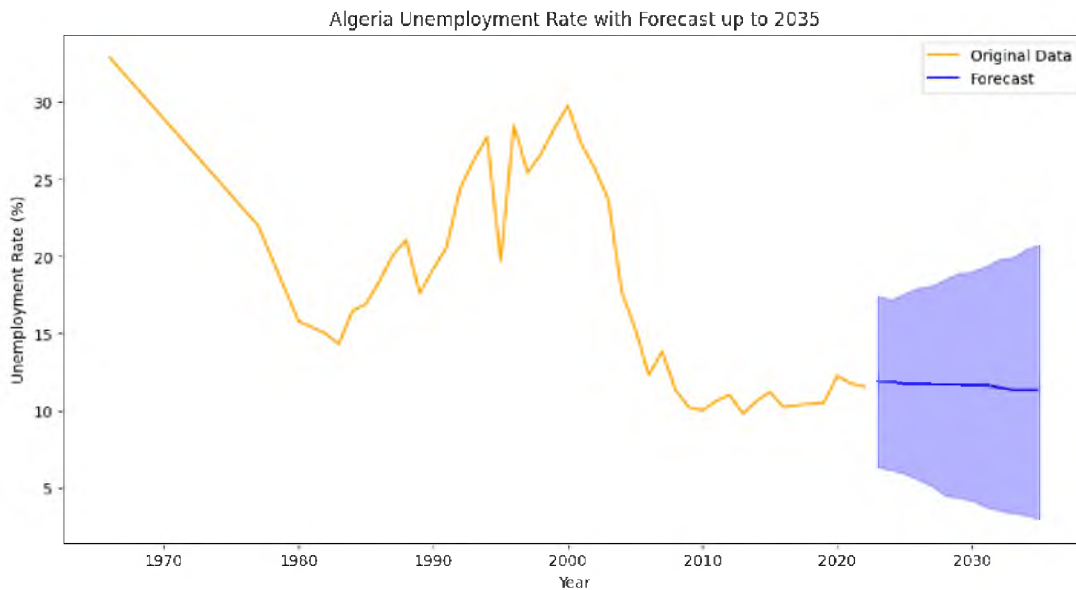
Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

According to the data presented in Table 18 and Figure 19, the forecasted unemployment rate indicates a modest decrease from 11.89% to 11.34%, suggesting relative stability. However, the expanding range between the lower and upper bounds each year, widening from 6.34% to 2.90% for the lower bound and from 17.14% to 20.75% for the upper bound, points to increasing uncertainty in these forecasts over time. This widening gap is a typical feature of long-term forecasting, where the precision of predictions tends to diminish the farther they project into the future.

**Table 18.** Forecasted unemployment rate in Algeria with confidence intervals

Years	Forecasted Unemployment Rate (%)	Lower Bound	Upper Bound
2023	11.89%	6.34	17.14
2024	11.89%	6.13	17.25
2025	11.73%	5.89	17.57
2026	11.73%	5.52	17.96
2027	11.68%	5.11	18.07
2028	11.68%	4.49	18.51
2029	11.68%	4.33	18.89
2030	11.68%	4.16	19.02
2031	11.68%	3.75	19.33
2032	11.48%	3.51	19.80
2033	11.34%	3.34	19.94
2034	11.34%	3.19	20.39
2035	11.34%	2.90	20.75

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

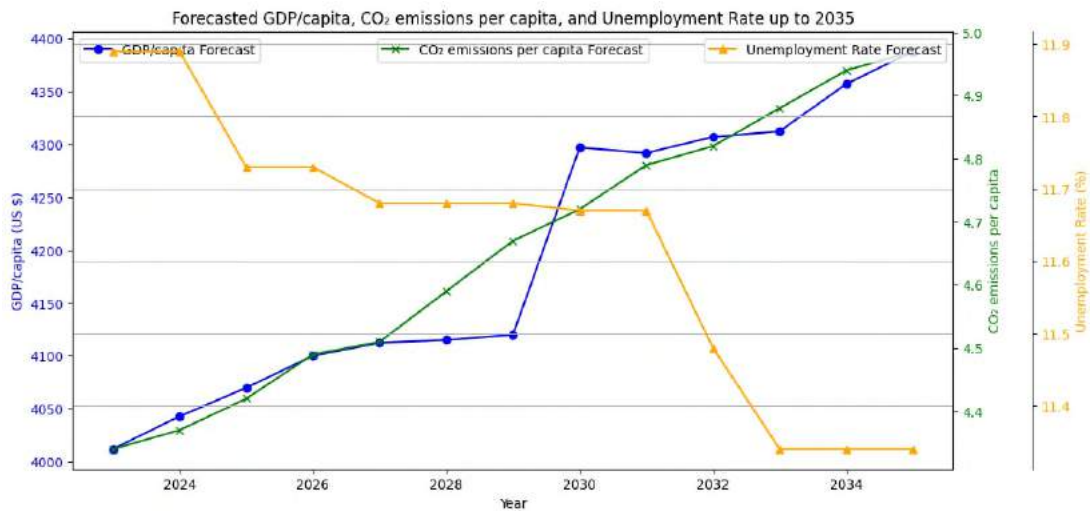


**Figure 19.** Forecasted trend of unemployment rate in Algeria.

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5

The data presented in Figure 20 portrays a nuanced future for Algeria's economy. The GDP per capita is on an upward trend, rising from 4,011 US dollars in 2023 to an expected 4,387 US dollars, signifying a moderate pace of economic growth. In parallel, there is a projected uptick in CO<sub>2</sub> emissions per capita, from 4.34 to 4.97, reflecting the dual-edged nature of economic development as outlined by the Environmental Kuznets Curve (EKC). According to this theory, environmental impact may escalate with economic growth up to a certain income level, after which it starts to decline (Dinda, 2004; Kijima, Nishide, & Ohyama, 2010; Van Alstine & Neumayer, 2010). Algeria appears to be in the early stage of this curve, with a clear focus on bolstering its economy, as indicated by the consistent increase in GDP per capita and CO<sub>2</sub> emissions. Moreover, the unemployment rate is forecast to remain relatively stable but high, oscillating around 11.68%. Such persistent unemployment will almost certainly

disproportionately affect the youth. Given Algeria's heavy reliance on oil and gas, the 'Resource Curse' theory is pertinent. This theory posits that countries with abundant natural resources tend to have less economic growth and worse development outcomes than countries with fewer natural resources because of factors like economic volatility, corruption, and a lack of diversification (Badeeb, Lean, & Clark, 2017; Ross, 1999). Heavy reliance on oil and gas revenues can discourage investment in other sectors, leading to a lack of economic diversification. This limits opportunities for employment in other sectors. In Algeria, public sector jobs often provide the most stable employment. However, these jobs are usually limited, which leads to high unemployment rates among the youth.



**Figure 20.** Forecasted trends of GDP per capita, CO<sub>2</sub> emissions per capita, and unemployment rates in Algeria.

Source: Produced by the authors using Python 3.11.5.

Based on the projected indicators, Algeria's path to sustainable economic development presents a complex scenario. While the GDP per capita is projected to grow, suggesting economic advancement, the parallel increase in CO<sub>2</sub> emissions per capita indicates environmental challenges ahead. The steady but high unemployment rate also points to concerns regarding social stability. These trends imply that while Algeria is making strides in economic terms, it is not fully on track for sustainable development, as environmental and social indicators lag behind. Addressing these issues will require targeted policies that promote not only economic growth but also environmental sustainability and job production. Overall, Algeria's journey towards a truly sustainable economy is progressing, but with considerable obstacles that need to be addressed to ensure balanced development.

## Conclusion and Recommendations

The goal of achieving sustainable economic development extends beyond the exclusive pursuit of economic growth. It comprises a comprehensive perspective that integrates social prosperity and environmental integrity. Within the complex dynamics of this delicate equilibrium, forecasting assumes a crucial role. A rigorous analysis of essential indicators establishes a comprehensive framework, offering valuable guidance for effectively navigating the complex paths toward achieving sustainability. Therefore, this study used ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) models to analyze Algeria's progress toward achieving sustainable economic development. Our investigation focused on three key metrics that symbolize sustainable economic advancement: gross domestic product per capita (GDP per capita) from 1960 to 2022, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions per capita throughout the same period, and the unemployment rate between the years 1967 and 2022. Through constructing three distinct ARIMA models for each of the variables above, our objective is to comprehensively analyze whether Algeria is effectively progressing toward a sustainable future or whether its developmental trajectory is fundamentally incongruous.

The ARIMA models used in this study proved effective in forecasting the future of three key indicators of sustainable economic development in Algeria. The ARIMA (1, 1, 0) model for GDP per capita in Algeria suggests a substantial likelihood of continued steady growth in the coming years, indicating an increase in the economic well-being of Algerian citizens. However, the ARIMA (2, 1, 2) model for carbon dioxide emissions per capita in Algeria suggests that these emissions are also expected to continue to rise, indicating an increase in the environmental impact of the Algerian economy. Finally, the ARIMA (1, 1, 1) model for the unemployment rate in Algeria suggests that it is expected to remain relatively high, indicating a major social challenge. These findings suggest that Algeria is on track to achieve sustainable economic development, partially and to a minimal extent. The desired year to reach sustainable economic development in Algeria in its correct and realistic sense is still a long way off. The

country will face significant challenges on the path towards prosperity. Furthermore, it serves as a guide for Algeria and other emerging economies grappling with similar challenges.

The findings of this research provide a noteworthy first step toward attaining sustainable economic growth. Consequently, various suggestions may be derived from these results :

1. Intensify efforts to diversify Algeria's economy beyond its heavy reliance on oil and gas, focusing on sectors such as renewable energy, agriculture, and manufacturing to provide a more sustainable foundation for economic development.
2. Prioritize increased investment in education and vocational training initiatives that are tailored to meet the demands of the labour market.
3. Formulate regulatory changes intended to attract foreign investment to align with social and environmental goals.
4. Enhance the existing legal framework to combat corruption while fostering more openness and accountability within governmental institutions.

It would be interesting to extend the application of the model above to a different nation and conduct a comparative analysis. Furthermore, enriching the models with variables such as income distribution, the Human Development Index (HDI), and renewable energy utilization could deepen our understanding of sustainable economic development.

**Peer Review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Conception/Design of study: B.E.Z., S.M.B.K.; Data Acquisition: B.E.Z.; Data Analysis/Interpretation: B.E.Z.; Drafting Manuscript: B.E.Z.; Critical Revision of Manuscript: B.E.Z., S.M.B.K.; Final Approval and Accountability: B.E.Z., S.M.B.K.

**Conflict of Interest:** The authors have no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The authors declared that this study has received no financial support.

#### ORCID:

Bouazza Elamine Zemri                      0009-0003-9338-0953  
Sidi Mohamed Boumediene Khetib      0009-0005-1052-7871

#### REFERENCES

- Abdeldayem, M., & Aldulaimi, S. (2022). Developing an Islamic crowdfunding model: a new innovative mechanism to finance SMEs in the Middle East. *International Journal of Organizational Analysis*. <https://doi.org/10.1108/IJOA-02-2022-3159>
- Adenom, M. (2017). Modelling and forecasting unemployment rates in Nigeria using ARIMA model. *FUW Trends in Science and Technology Journal*, 2(1B), 525-531.
- Alam, S., Fatima, A., & Butt, M. S. (2007). Sustainable development in Pakistan in the context of energy consumption demand and environmental degradation. *Journal of Asian Economics*, 18(5), 825-837. <https://doi.org/10.1016/j.asieco.2007.07.005>
- Altıntaş, H., & Kassouri, Y. (2020). Is the environmental Kuznets Curve in Europe related to the per-capita ecological footprint or CO<sub>2</sub> emissions? *Ecological Indicators*, 113, 106187. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106187>
- Aser, D. A., & Firuzan, E. (2022). Improving Forecast Accuracy Using Combined Forecasts with Regard to Structural Breaks and ARCH Innovations. *Ekoist: Journal of Econometrics and Statistics*(37), 1-25. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2022.37.1183809>
- Badeeb, R. A., Lean, H. H., & Clark, J. (2017). The evolution of the natural resource curse thesis: A critical literature survey. *Resources Policy*, 51, 123-134.
- Beneyad, W., & Halimi, W. (2022). Forecasting Algeria's Unemployment Rates Using SARIMA Model in Python Programming: During 2001-2021. *Forum for economic studies and research journal*, 6(1), 586-600.
- Bouznit, M., Pablo-Romero, M. d. P., & Sánchez-Braza, A. (2020). Measures to promote renewable energy for electricity generation in Algeria. *Sustainability*, 12(4), 1468.
- Bulut, C., & Hudaverdi, B. (2022). Hybrid Approaches in Financial Time Series Forecasting: A Stock Market Application. *Ekoist: Journal of Econometrics and Statistics*(37), 53-68. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2022.37.1108411>
- Chen, J., Chen, Y., Mao, B., Wang, X., & Peng, L. (2022). Key mitigation regions and strategies for CO<sub>2</sub> emission reduction in China based on STIRPAT and ARIMA models. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(34), 51537-51553. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19126-w>
- D'Adamo, I., Gastaldi, M., & Morone, P. (2022). Economic sustainable development goals: Assessments and perspectives in Europe. *Journal of Cleaner Production*, 354, 131730. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131730>

- Dabbous, A., & Tarhini, A. (2021). Does sharing economy promote sustainable economic development and energy efficiency? Evidence from OECD countries. *Journal of Innovation & Knowledge*, 6(1), 58-68. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2020.11.001>
- Dasgupta, P. (2007). Measuring sustainable development: theory and application. *Asian development review*, 24(01), 1-10. <https://doi.org/10.1142/S0116110507000012>
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a), 427-431. <https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>
- Didiharyono, D., & Syukri, M. (2020). Forecasting with arima model in anticipating open unemployment rates in south sulawesi. *Int. J. Sci. Technol. Res*, 9(3), 3838-3841.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological economics*, 49(4), 431-455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Fernández-Portillo, A., Almodóvar-González, M., Coca-Perez, J. L., & Jiménez-Naranjo, H. V. (2019). Is sustainable economic development possible thanks to the deployment of ICT? *Sustainability*, 11(22), 6307. <https://doi.org/10.3390/su11226307>
- Hammer, J., & Pivo, G. (2017). The triple bottom line and sustainable economic development theory and practice. *Economic Development Quarterly*, 31(1), 25-36. <https://doi.org/10.1177/0891242416674808>
- Houlden, G., & Zaamout, N. M. (2019). A New Great Power Engages with the Middle East: China's Middle East Balancing Approach.
- Khan, M. (2020). CO<sub>2</sub> emissions and sustainable economic development: New evidence on the role of human capital. *Sustainable Development*, 28(5), 1279-1288.
- Kijima, M., Nishide, K., & Ohshima, A. (2010). Economic models for the environmental Kuznets curve: A survey. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(7), 1187-1201. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2010.03.010>
- Kour, M. (2022). Modelling and forecasting of carbon-dioxide emissions in South Africa by using ARIMA model. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04609-7>
- Kurniawan, R., & Managi, S. (2018). Economic growth and sustainable development in Indonesia: an assessment. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, 54(3), 339-361.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? *Journal of econometrics*, 54(1-3), 159-178. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(92\)90104-Y](https://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-Y)
- Lai, Y., & Dzombak, D. A. (2020). Use of the autoregressive integrated moving average (ARIMA) model to forecast near-term regional temperature and precipitation. *Weather and Forecasting*, 35(3), 959-976. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-19-0158.1>
- Lotfalipour, M. R., Falahi, M. A., & Bastam, M. (2013). Prediction of CO<sub>2</sub> emissions in Iran using grey and ARIMA models. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 3(3), 229-237.
- Makhloufi, S., Khennas, S., Bouchaib, S., & Arab, A. H. (2022). Multi-objective cuckoo search algorithm for optimized pathways for 75% renewable electricity mix by 2050 in Algeria. *Renewable Energy*, 185, 1410-1424. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.088>
- Matijová, M., Onuferová, E., Rigelský, M., & Stanko, V. (2019). Impact of selected indicators of tourism capacity and performance in the context of the unemployment rate in Slovakia. *Journal of tourism and services*, 10(19), 1-23.
- Newbold, P. (1983). ARIMA model building and the time series analysis approach to forecasting. *Journal of forecasting*, 2(1), 23-35. <https://doi.org/10.1002/for.3980020104>
- Ngxiza, S. (2012). *Sustainable economic development in previously deprived localities: the case of Khayelitsha in Cape Town*. Paper presented at the Urban Forum.
- Nyoni, T., & Muchingami, L. (2019). Modeling and forecasting Botswana's Growth Domestic Product (GDP) per capita. <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/id/eprint/93987>
- Olabemiwo, F., Danmaliki, G., Oyehan, T., & Tawabini, B. (2017). Forecasting CO<sub>2</sub> emissions in the Persian gulf states. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 3(1), 1-10. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2017.03.01.001>
- Park, C. Y., Takahashi, K., Li, F., Takakura, J., Fujimori, S., Hasegawa, T., . . . Thiery, W. (2023). Impact of climate and socioeconomic changes on fire carbon emissions in the future: Sustainable economic development might decrease future emissions. *Global Environmental Change*, 80, 102667. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2023.102667>
- Ross, M. L. (1999). The political economy of the resource curse. *World politics*, 51(2), 297-322. <https://doi.org/10.1017/S0043887100008200>
- Shaker, V. (2022). Modeling and Forecasting Egyptian GDP: Autoregressive-Integrated Moving-Average Model. *Journal of Agricultural Economics and Social Sciences*, 13(7), 279-283. <https://doi.org/10.21608/JAESS.2022.147684.1060>
- Sotiroski, K., Kovacs, P., Aleksandra, M., Sedlak, O., Lakić, V., & Radovanov, B. (2023). Assessing sustainable economic development efficiency: a DEA approach. *Strategic Management-International Journal of Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management*.
- Van Alstine, J., & Neumayer, E. (2010). The environmental Kuznets curve. *Handbook on Trade and the Environment*, 2(7), 49-59.
- Van Wynsberghe, A. (2021). Sustainable AI: AI for sustainability and the sustainability of AI. *AI and Ethics*, 1(3), 213-218. <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00043-6>
- Vasylieva, T., Lyulyov, O., Bilan, Y., & Streimikiene, D. (2019). Sustainable economic development and greenhouse gas emissions: The dynamic impact of renewable energy consumption, GDP, and corruption. *Energies*, 12(17), 3289. <https://doi.org/10.3390/en12173289>
- Voumik, L. C., & Smrity, D. Y. (2020). Forecasting GDP Per Capita In Bangladesh: Using Arima Model. *European Journal of Business and Management Research*, 5(5). <http://dx.doi.org/10.24018/ejbmr.2020.5.5.533>




**How cite this article**

Zemri, B.E., & Boumediene Khetib, S.M. (2024). Algeria's path to sustainable economic development: Is it on track or not?. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 76–97. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1361258>

# Türkiye’deki İmalat Sanayi Firmalarının Büyüme Performanslarını Etkileyen Kriterlerin Kantil Regresyon ile Belirlenmesi

## Determination of Criteria Affecting the Growth Performance of Manufacturing Industry Firms in Türkiye Using Quantile Regression

Aycan Kulaksız Hacıbebekoğlu<sup>1</sup> , Seda Bağdatlı Kalkan<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>(Yüksek Lisans Öğrencisi), İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>(Doç. Dr.), İstanbul Ticaret Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, İstatistik Bölümü, İstanbul, Türkiye

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı Türkiye’de imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların büyüme performanslarını firma özellikleri, firma kapasitesi ve insan sermayesi göstergelerini ele alarak incelemektir. Bu amaçla Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD), Dünya Bankası (WB) ile ortaklaşa yapılan “İş Ortamı ve İşletme Performansı Araştırması” (BEEPS) 2018-2020 dönemi 2019 yılı sonuçları kullanılmıştır. Türkiye’de imalat sanayinde faaliyet gösteren, 2016-2018 yılları arasında satış gelirleri artmış olan 395 firma kantil regresyon yöntemi ile incelenmiştir. Bu yöntem, farklı kantil noktaları için farklı katsayı sonucu vermekte olup, farklı regresyon modelleri sunmaktadır (Chen, 2005; Koenker, 2005). Dolayısıyla farklı büyüme performans düzeyleri için yorum yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada büyüme performansı için 0.10, 0.20, ... 0.90’ıncı kantil sonuçları incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, Türkiye’de imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların haftalık çalışma saatinin tüm kantil düzeylerinde büyüme performansı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür. Buna karşın firmaların kapasite kullanım oranının, firma büyüme performansı üzerinde 0.70, 0.80 ve 0.90’ınci kantiller için pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmaktadır. Firma yaşı arttığında, firmanın büyüme performans düzeyi fark etmeksizin büyüme performansında azalış görülmüştür. 0.10, 0.20, 0.30, ve 0.40’ınci kantiller için üretim dışı faaliyetlerde çalışan oranı arttıkça büyüme performansının da artış gösterdiği ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde 0.10’uncu kantilde üniversite mezunu çalışan oranının, firmaların büyüme performansı üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

### ABSTRACT

This study aims to examine the growth performance of firms in Türkiye’s manufacturing industry, taking into account firm characteristics, firm capacity, and human capital indicators. Data from the “Business Environment and Enterprise Performance Survey” for the 2018–2020 period, conducted jointly by the European Bank for Reconstruction and Development and the World Bank, are used. The quantile regression method was used to analyze 395 companies engaged in manufacturing activities in Türkiye that experienced increased sales revenues between 2016 and 2018. This method yields different coefficient results for different quantile points and provides various regression models (Chen, 2005; Koenker, 2005). It allows for the interpretation of growth performance at various levels. This study examined the 0.10<sup>th</sup>, 0.20<sup>th</sup>, ... 0.90<sup>th</sup> quantile results for growth performance. The study’s findings indicate that the firm’s weekly working hours have no statistically significant effect on growth performance across all quantile levels. The capacity utilization rate of firms have a positive and statistically significant impact on the growth performance of firms in the 0.70<sup>th</sup>, 0.80<sup>th</sup>, and 0.90<sup>th</sup> quantiles. Regardless of the level of growth performance, an increase in firm age resulted in a decrease in growth performance. Furthermore, an increase in nonproduction employee rates for the 0.10<sup>th</sup>, 0.20<sup>th</sup>, 0.30<sup>th</sup>, and 0.40<sup>th</sup> quantiles leads to increased growth performance. Similarly, the rate of employees with university degrees at the 0.10<sup>th</sup> quantile has a positive and statistically significant impact on firm growth performance.

**Anahtar Kelimeler:** İmalat sanayi, büyüme performansı, İş Ortamı ve İşletme Performansı Araştırması (BEEPS), kantil regresyon

**Keywords:** Manufacturing industry, growth performance, Business Environment and Enterprise Performance Survey (BEEPS), quantile regression

**Corresponding Author:** Aycan Kulaksız Hacıbebekoğlu E-mail: aycanklksz@gmail.com

**Submitted:** 26.10.2023 • **Accepted:** 15.12.2023 • **Published Online:** 02.04.2024



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## EXTENDED SUMMARY

The purpose of this study is to examine the growth performance of firms in Türkiye's manufacturing industry, taking into account firm characteristics, firm capacity, and human capital indicators. Data from the "Business Environment and Enterprise Performance Survey" conducted jointly by the European Bank for Reconstruction and Development and the World Bank for the 2018–2020 period are used. The study included only surveys conducted in 2019. A total of 395 Turkish manufacturing firms with increased sales revenues between 2016 and 2018 were examined. Firms' growth performance can be measured in various ways. In this study, it is measured by calculating the change in sales revenues, which is a widely used method in the literature. Firms' growth performance is calculated using the formula  $[(\text{sales revenue} - (\text{sales revenue}-2)) / (\text{sales revenue}-2) \times 100]$ . After calculating the change in sales revenues, firms whose sales revenues increased are included in the study. We focus on some firm characteristics, firm capacity, and human capital that can have an impact on growth performance. Firm age is used from firm characteristics. Meanwhile, firm capacity is measured using the capacity utilization rate and the weekly working hours. For the human capital indicator, the variables of how many years of experience the manager has in this sector, the rate of personnel working in nonproduction activities (the rate of employees working in units such as management, sales, etc.), and the rate of employees with university degrees are used.

The quantile regression method is used in the study to examine the growth performance of firms in the Turkish manufacturing industry. Koenker and Basset (1978) proposed the quantile regression method as an alternative to the classical one (Koenker and Halloc, 2001). The quantile regression method ignores the assumptions that must be satisfied in the classical regression method. When the error terms are not normally distributed, quantile regression parameter estimates are more effective than classical regression parameter estimates (Ünvan ve Demirel, 2020, s. 200). Furthermore, the quantile regression method solves the outlier problem and can be used when the data set contains outliers (Yavuz ve Aşık, 2017, Cameron ve Trivedi, 2005, s. 85). This study has outliers in the dependent variable. Except for the manager experience variables, all independent variables have outlier values. The quantile regression method produces more accurate results in the presence of outliers (Çınar, 2019). This method produces different coefficient results for different quantile points and provides various regression models (Chen, 2005; Koenker, 2005). Allows for the interpretation of growth performance at various levels.

As a result of the study, it is seen that the increase in the firm age negatively affected the growth performance of firms in the manufacturing industry in Türkiye. An increase in firm age leads to a decrease in growth performance, regardless of the level of growth performance. The capacity utilization rate of a firm has a positive and statistically significant impact on the growth performance of firms in the 0.70<sup>th</sup>, 0.80<sup>th</sup>, and 0.90<sup>th</sup> quantiles. It has been observed that increasing the capacity utilization rate increases growth performance. Another study finding indicates that the firm's weekly working hours have no statistically significant effect on growth performance at all quantile levels. Furthermore, it has been estimated that senior management experience in the sector has a negative and statistically significant effect on firm growth performance in the 0.20<sup>th</sup>, 0.30<sup>th</sup>, 0.40<sup>th</sup>, and 0.50<sup>th</sup> quantiles. Increasing the experience of senior managers in the sector reduces growth performance. When the level of growth performance is high, senior management experience in the sector has no statistically significant effect on growth performance. Furthermore, an increase in the rate of nonproduction employees in the 0.10<sup>th</sup>, 0.20<sup>th</sup>, 0.30<sup>th</sup>, and 0.40<sup>th</sup> quantiles resulted in improved growth performance. The rate of employees working in management and sales have a statistically significant and positive effect on the growth performance of the companies in the manufacturing industry sector. Therefore, by strengthening their management and sales units, these firms will increase their productivity and thus their growth performance. Similarly, it is concluded that the rate of employees with university degrees at the 0.10<sup>th</sup> quantile positively and significantly impact growth performance.

## Giriş

Regresyon, bağımlı değişkendeki değişimin açıklanmasında kullanılan istatistiksel bir yöntemdir ve değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmaktadır (Sykes, 1993). Klasik regresyon yönteminde parametre tahminlerinin güvenilir olabilmesi için sağlanması gereken varsayımlar vardır. Bu varsayımlar sağlandığı sürece parametre tahmininde hata kareler toplamını en küçük yapmayı hedefleyen En Küçük Kareler (EKK) yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır (Alma ve Vupa, 2008). Klasik regresyon yönteminde parametre tahmininde EKK yöntemi kullanılırsa ve varsayımlar sağlanmazsa model tahmininde kantil regresyon kullanılabilecek yöntemlerden biridir (Güneri, İncekırık ve Durmuş, 2021). Kantil regresyon yöntemi, klasik regresyon yönteminde kullanılan varsayımların göz ardı edilebildiği bir yöntemdir. Özellikle hata terimlerinin normal dağılımı varsayımı ihmal edildiğinde kantil regresyon kullanılmaktadır (Chen ve Wei, 2005). Hata teriminin normal dağılmadığı durumda, kantil regresyon parametre tahminleri, klasik regresyon parametre tahminlerinden daha etkin olabilmektedir (Ünvan ve Demirel, 2020, s.200). Kantil regresyon yöntemi, sabit varyans varsayımının ihmal edildiği durumlarda da kullanılmaktadır (Cade ve Noon, 2003, s. 412).

Kantil regresyon yöntemi, klasik regresyon yöntemine alternatif olarak Koenker ve Basset (1978), tarafından medyan regresyon yöntemi geliştirilerek ortaya çıkarılmıştır (Koenker ve Hallock, 2001). Medyan regresyon yöntemi, bağımsız değişkendeki değişimin, bağımlı değişkenin dağılımının medyanındaki (0.50'nci kantil) değişimini açıklarken, kantil regresyon yöntemi bağımlı değişkenin dağılımının 0.10, 0.20, . . . 0.80'inci kantiller gibi farklı kantillerdeki değişimini açıklamaktadır (Durmuş, Güneri ve İncekırık, 2022). Kantil regresyon, farklı kantil noktaları için farklı katsayı sonucu vermekte olup, çeşitli regresyon modelleri sunmaktadır (Chen, 2005; Koenker, 2005). Böylece farklı kantiller için açıklanan değişken üzerinde etkili olan en önemli faktörler tespit edilebilmektedir (Depren, Kartal ve Kılıç Depren, 2021, s.59). Ayrıca kantil regresyon yöntemi aykırı değer probleminde çözüm olabilecek bir yöntem olup, veri setinde aykırı değer bulunduğu durumlarda da kullanılabilmektedir. (Yavuz ve Aşık, 2017; Cameron ve Trivedi, 2005, s. 85). Kantil regresyon yönteminin aykırı değer olduğunda da kullanılabilmesinin nedeni, bu yöntemin bağımlı değişken dağılımını parçalara ayırmasıdır (Çağlayan ve Arıkan, 2011, s.39; Buchinsky,1998). Yani aykırı değer olduğunda farklı kantil değerleri ile kurulan modellerle aykırı değerler göz ardı edilebilmektedir (Çınar, 2019, s.59).

Firma büyümesine etki eden unsurlar, özellikle satışlarının artmasıyla ilgilenen firmaların ve insan sermayesi konularıyla ilgilenen politika yapımcıların dikkatini çeken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır (Coad ve Hözl, 2010, s. 1). Bu çalışma, Türkiye'de imalat sektöründe faaliyet gösteren firmaların büyüme performansını, bazı firma özellikleri, firma kapasitesi ve insan sermayesi göstergeleri ile incelemeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD), Dünya Bankası (WB) ile ortaklaşa yapılan ve iş ortamının kalitesini inceleyen "İş Ortamı ve İşletme Performansı Araştırması" (BEEPS) 2018-2020 dönemi çalışması anket dönemi 2019 yılı sonuçları kullanılmıştır. Aykırı değer varlığında daha doğru sonuçlar veren ve farklı kantil noktaları için farklı katsayı sonucu veren kantil regresyon yöntemi kullanılmıştır. Böylelikle firmaların farklı büyüme performans düzeyleri için yorum yapılmasına olanak sağlanmıştır.

Bu bölümden sonra ilk olarak çalışmaya ilişkin literatür taraması yapılmış, ardından metodoloji bölümünde kantil regresyon yöntemine yer verilmiştir. Bir sonraki bölümde ise veri seti ve değişkenler ele alınmıştır. Sonrasında ise bulgular bölümünde tanımsal istatistikler, aykırı değerleri gösteren boxplot ve kantil regresyon model sonuçları verilmiştir. Son olarak sonuçlar yorumlanmıştır.

## Literatür

Literatürde firma büyüme performansını inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Çoğu çalışmada klasik regresyon yöntemi, panel regresyon yöntemi, Tobit regresyon yöntemi, panel eşbütünleşme ve panel nedensellik yöntemleri kullanılmıştır. Evans (1987), çalışmasında firma yaşı ve firma büyüklüğü ile firma büyümesi arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Araştırmasında 1976-1980 dönemleri için Small Business Data Base'den temin ettiği 100 firmanın verileriyle klasik regresyon yöntemi kullanmıştır. Sonuç olarak firma yaşı arttıkça firma büyümesinin ve firma büyümesinin değişkenliğinin azaldığını bulmuştur. Demirel ve Karagöz (2009), çalışmalarında Türkiye'de Göller Bölgesi'ne imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların büyüme performansları üzerinde etkili olabilecek faktörleri, Tobit ve En Küçük Kareler yöntemlerini kullanarak araştırmıştır. Çalışmada örneklem 60 firma olarak belirlenmiştir. Bu firmaların 2003 yılı ve 2018 yılı verileri anket yoluyla elde edilmiştir. Firmaların büyümesi incelenirken firma özellikleri, endüstri/çevre özellikleri, yenilik faaliyetleri ve insan sermayesi konuları dikkate alınmıştır. Çalışmada firma büyümesi çalışan sayısındaki değişim ile belirlenmiştir. Büyüme, 2008 yılındaki çalışan sayısından 2003 yılındaki çalışan sayısı çıkarılıp 2003 yılındaki çalışan sayısına bölünerek hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda firma özelliklerinden firma yaşının büyüme pozitif yönde etkilediği bulunmuştur. İnsan sermayesi değişkenlerinden girişimcinin sektördeki deneyimi ve üniversite mezunu çalışan oranının firmanın büyüme performansına etkisinin pozitif olduğu görülmüştür. Lee (2010), Ar-Ge temelli olarak firma büyümesini açıklamaya çalışmıştır. Dünya Bankası'nın Kanada, Japonya, Kore, Tayvan, Hindistan ve Çin'i kapsayan Endüstriyel Teknoloji Geliştirmeye Yönelik Kurumsal ve Politika Öncelikleri çalışmasından elde ettiği teknoloji sektöründe faaliyet gösteren 1500 firma için 1987-1992 dönemi verileriyle klasik regresyon yöntemi kullanmıştır. Firma büyümesi için satışlardaki büyüme hesaplanmıştır. Teknolojik yeterliliği artırma yeteneği düşük olan firmalarda firma büyümesi ile firma yaşı arasında negatif anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Yoğun teknolojik rekabet içinde olan firmalar için farklı bir büyüme görülmüştür. Albeni ve Doğan (2015), çalışmalarında

Türkiye'de imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların hayatta kalma durumu ve büyüme performansı ile firma yaşı, firma ölçeği, yenilik ve Ar-Ge çalışması arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Araştırmada Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK), anketlerinden 2005-2011 yılları arasında imalat sanayinde faaliyet gösteren 25394 firma kullanılmıştır. Firmaların büyüme performansı firma ölçeği, firmanın çalışan sayısı ve firmanın cirosu ile hesaplanmıştır. Böylece firma performansı için 2 klasik regresyon modeli kurulmuştur. Araştırma sonucunda yenilik ve Ar-Ge faaliyetlerinin firmaların büyüme performansı ve hayatta kalma durumu üzerinde etkisi olduğu ortaya çıkarılmıştır. Firma yaşı ile firma büyüme performansı arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunmuştur. Gemici ve Polat (2019), firma büyümesi ile karlılık arasındaki ilişkiyi BIST sanayi faaliyet gösteren firmaların 2003-2016 dönemi 113 firma verileri ile panel eş bütünleşme ve panel nedensellik yöntemlerini kullanarak incelemiştir. Karlılık değişkeni firmaların faiz ve vergi öncesi karının satışlara bölünmesiyle hesaplanmıştır. Büyüme değişkeni, satışlardaki değişim oranı hesaplanarak oluşturulmuştur. Sonuç olarak firma karlılığı ve firma büyümesi arasında uzun dönemli ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca firma karlılığı ve firma büyümesi arasında çift yönlü nedensellik bulunmuştur. Aslan ve Sığınç (2022), çalışmalarında pazarlama harcamalarının firma karlılığına ve firma büyüme performansına etkisini BIST imalat sektöründe pazarlama harcaması olan 157 firmanın verilerini kullanarak panel veri analizi ile incelemiştir. Çalışmada satış kâr marjı, aktif kâr marjı, satışlardaki büyüme ve aktiflerdeki büyüme değişkenlerinin bağımlı değişken olarak kullanıldığı dört model oluşturulmuştur. Satışlardaki büyüme, satışlardaki değişim olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda pazarlama harcamaları ile satış kâr marjı ve satışlardaki büyüme arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, pazarlama harcamaları ile aktif kâr marjı ve aktiflerdeki büyüme arasında ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Satışlardaki büyümeye pazarlama harcamasının etkisinin araştırıldığı model incelendiğinde pazarlama harcamasının firma büyüme performansını negatif yönde etkilediği bulunmuştur. Pazarlama harcaması arttıkça firma satışları azalmaktadır.

Firma büyüme performansını konu alan ve kantil regresyon yöntemi kullanan çalışmalarda literatürde yer almaktadır. Seo, Perry, Tomczyk ve Solomon (2012), çalışmada dışarıdan alınan yönetim desteği ile küçük firmaların performansı arasındaki ilişkiyi koşullu kantil regresyon yöntemi ile incelemiştir. Çalışmanın örneklemini U.S. Small Business Administration's Entrepreneurial Development Resource Partners'dan yönetsel veya teknik destek alan 902 firma oluşturmaktadır. Firma performansı, firmaların beyanına dayanan finansal büyüme olarak ele alınmıştır. Çalışma sonucunda, pazarlama stratejisi, finansal yönetim ve genel yönetim gibi dışarıdan alınan yönetim desteklerinin, daha düşük finansal performans düzeyine sahip firmalar için daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır. İnsan kaynakları ve sermaye kazancına yönelik dışarıdan alınan desteklerin ise orta ve üst finansal performans düzeyine sahip firmalar üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Kantil regresyon analizi farklı performans düzeyleri için sonuç vererek dışarıdan destek sağlayıcılar için finansal performansı düşük, orta ve yüksek düzeyde olan firmalar için farklı yaklaşımlar kullanılması gerekliliğini göstermiştir. Erkan (2015), çalışmada firma büyüme performansına etki edebilecek unsurları Türkiye imalat sanayi firmaları üzerinde panel veri yöntemi ve kantil regresyon yöntemi ile incelemiştir. Kantil regresyon yöntemi kullandığı için farklı büyüme performans düzeyleri için de yorum yapılmıştır. İstanbul Sanayi Odası (İSO) veri tabanından 129 firmanın 1997-2014 dönemi finansal raporları sonucuyla çalışma yapılmıştır. Firma büyüme performansı satış gelirleri ile ölçülmüştür. Çalışma sonucunda firma ölçeği büyüdükçe ve firma yaşı arttıkça firmaların büyüme performanslarının düştüğü gözlemlenmiştir. Firma büyüme performans düzeyi düşük olan firmalar için firma verimliliğinin firma büyüme performansına etkisinin pozitif olduğu bulunmuştur. Dorak (2017), kantil regresyon yöntemi ile En Küçük Kareler yöntemini karşılaştırmak amacıyla firma kârlılığını etkileyen faktörleri, Borsa İstanbul'da işlem gören imalat sektöründe faaliyet gösteren 183 firmanın 2013- 2015 dönemi verilerini incelemiştir. Dorak, firmaların finansal kaldıraç oranları ve firma büyüklüklerinin, firma kârlılıkları üzerindeki etkisine odaklanmıştır. Bu amaçla firma kârlılığını ölçmek için özsermaye kârlılığı ve aktif getiri oranı finansal değişkenlerini kullanarak iki model oluşturmuştur. Çalışma sonucunda finansal kaldıraç ve firma büyüklüğü ile firma kârlılığı arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. En Küçük Kareler yöntemi ve kantil regresyon yöntemi karşılaştırıldığında veri setinde aykırı değerler olduğu için farklı sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir. Kantil regresyon yöntemi ile düşük, orta ve yüksek karlılığa sahip firmalarda finansal kaldıraç ve firma büyüklüğünün etkilerinin farklı olduğu ortaya çıkarılmıştır. Kantil regresyon yönteminin istatistiksel olarak daha anlamlı ve doğru sonuçlar verdiği sonucuna varılmıştır.

### Metodoloji

Klasik regresyon modelinde EKK yöntemi, bağımlı değişkenin koşullu ortalaması ile tek bir nokta için tahmin yapıp bir tane regresyon modeli oluşturmaktadır. Kantil regresyon yönteminde ise farklı noktalar için bağımlı değişkenin koşullu dağılımı oluşturulmakta böylece farklı regresyon modelleri ortaya çıkmaktadır (Uyar, Kangallı Uyar ve Gökçe, 2016, s. 590).

Kantil Regresyon Modeli;

$$Y_t = \beta + e_i \quad (1)$$

$Y_t$  , simetrik F dağılım fonksiyonlu, bağımsız özdeş dağılıma ve  $\beta$  medyana sahip tesadüfi değişkendir.

Modelde  $\theta$ . kantil,

$$\min_{\beta} \frac{1}{n} \{ \sum_{i: y_i \geq \beta} \theta |y_i - \beta| + \sum_{i: y_i < \beta} (1 - \theta) |y_i - \beta| \} \quad (2)$$

ifadesinin minimizasyonu ile tahmin edilmektedir (Judge, Griffiths, Hill, Lütkepohl ve Lee, 1985, s. 834; Koenker ve Bassett, 1978, s.38).

Doğrusal regresyon modeli geliştirilerek ifade edildiğinde,

$$Y_i = x_i' \beta + e_i \quad (3)$$

şeklinde.  $x_i'$  bağımsız değişken vektörü ve  $e_i$  bağımsız, sıfır etrafında simetrik ve F dağılımına sahiptir.

$0 < \theta < 1$  olmak üzere  $\theta$ .’cı kantil regresyon,

$$\min_{\beta} \frac{1}{n} \sum_{i: y_i \geq x_i' \beta} \theta |y_i - x_i' \beta| + \sum_{i: y_i < x_i' \beta} (1 - \theta) |y_i - x_i' \beta| \quad (4)$$

$$\min_{\beta} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_{\theta}(y_i - x_i' \beta) \quad (5)$$

minimizasyonu ile tahmin edilmekte ve  $y$ ’nin  $\theta$ .’cı kantili olarak adlandırılmaktadır (Alakaya, 2019, s.19).

### Veri Seti ve Değişkenler

Bu çalışmada Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD), Dünya Bankası (WB) ile ortaklaşa yapılan ve iş ortamının kalitesini inceleyen “İş Ortamı ve İşletme Performansı Araştırması” (BEEPS) 2018-2020 sonuçları kullanılmıştır. BEEPS araştırması, ekonomilerin özel sektördeki firmalarının finansmana erişim, yolsuzluk, altyapı, suç, rekabet ve performans ölçütleri gibi iş ortamı konularını incelemektedir. Bu çalışmada Türkiye’de imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların büyüme performanslarını incelemek amacıyla firma özellikleri, firma kapasitesi ve insan sermayesi göstergelerini ele alarak incelemek amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmada kullanılan değişkenler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Değişkenler

Değişken Adı	Soru
Büyüme	Bu firmanın 2 mali yıl önce (2016) toplam yıllık satışı nedir? Bu firmanın son mali yılda (2018) toplam yıllık satışı nedir?  <i>((satış geliri 2018-sayış geliri 2016) /satış geliri 2016) *100 formülü ile firma büyümesi yani firma performansı hesaplanmıştır.</i>
Yaş	Kuruluş hangi yılda faaliyete geçmiştir?  <i>Anket yapılma dönemi olan 2019 yılı baz alınarak firma yaşı hesaplanmıştır. (2019-faaliyet yılı)</i>
Yönetici deneyimi	Üst düzey yöneticinin bu sektörde kaç yıllık tecrübesi var? (Yıl)
Kapasite kullanımı	Firmanın kapasite kullanım oranı nedir? (%)
Haftalık çalışma saati	Bu firma haftada kaç saat çalışıyor? (Saat)
Üretim dışı çalışan oranı	Bu firmada üretimde çalışan ve üretim dışı tam zamanlı çalışan kaç kişi var?  <i>Üretim dışı tam zamanlı çalışanlar yönetim, satış vb. birimlerde çalışanları kapsamaktadır. Üretim dışı tam zamanlı çalışan kişi sayısı, toplam tam zamanlı çalışan sayısına oranlanarak hesaplanmıştır.</i>
Üniversite mezunu çalışan oranı	Bu firmada tam zamanlı çalışanlarının yüzde kaçını üniversite mezunu? (%)

Firma büyüme performansı farklı şekillerde değerlendirilebilmektedir. Firmanın satış gelirlerindeki artış da firma faaliyetlerinde genişlemeye işaret ederek firma büyüme performansını değerlendirmekte kullanılan ölçütler arasında yer almaktadır (Baştürk ve Ödül, 2008, s. 144). Bu çalışmada da bağımlı değişken olarak firma büyüme performansı kullanılmıştır. Gemici ve Polat (2018), firma büyümesi ve karlılık arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmasında firma büyümesini satış gelirlerindeki değişim olarak ele almış, satış gelirlerindeki değişim oranını  $[(\text{satış geliri} - (\text{satış geliri}-1)) / \text{satış geliri}-1 * 100]^1$  formülü kullanarak hesaplamıştır. Bu çalışmada ise firma büyüme performansı, ankette sadece cari yıldaki satış geliri ve iki önceki cari yılda satış geliri bilgisi yer aldığından,  $[(\text{satış geliri} - (\text{satış geliri}-2)) / \text{satış geliri}-2 * 100]^2$  formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Yani firmaların 2018 yılı brüt satış gelirleri ve 2016 yılı (2 dönem önceki) brüt satış gelirleri kullanılarak  $[(2018 \text{ satış geliri}-2016 \text{ yılı satış geliri}) / 2016 \text{ yılı satış geliri}] * 100$  formülü ile firma büyümesi hesaplanmıştır. Büyüme performansı, firmaların 2016-2018 yılları arasında satış gelirlerindeki değişim olarak ifade edilmiştir. Bu çalışmada Türkiye'de imalat sektöründe faaliyet gösteren ve belirlenen cari dönemler arasında satış gelirlerini artıran firmalar üzerinden firmaların büyüme performansı incelenmek istenmiştir. Bu nedenle büyüme performansını incelemek amacıyla belirlenen cari dönemlerde satış gelirlerindeki değişim hesaplandıktan sonra satış gelirleri artan firmalar çalışmada dikkate alınmış, satış gelirleri azalan firmalar çalışmaya dahil edilmemiştir.

Firma büyüme performansına etkisi olabilecek birçok etken bulunurken bu çalışmada imalat sanayinde büyüme performansına etkisi olabilecek bazı firma özellikleri, firma kapasitesi ve insan sermayesi konuları üzerinde durulmuştur. Firma özellikleri olarak firma yaşı dikkate alınmıştır. Firma yaşı birçok çalışmada firmaların büyümesinde etkili olabilecek bir etken olarak değerlendirmeye alınmıştır. Firma yaşı, anket dönemi olan 2019 yılı ve firmanın faaliyete geçtiği yıl baz alınarak (2019-faaliyet yılı) formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Firma kapasitesi, firmalarının büyümesinde etkili bir gösterge olup firmaların üretim kapasitesini göstermektedir (Baştürk ve Ödül, 2008, s.144). Firma kapasitesi için kapasite kullanım oranı ve haftalık çalışma saati bilgileri kullanılmıştır. İnsan sermayesinin ve eğitim düzeyinin de firmaların büyüme performansının artmasında etkili olduğu bilinmektedir (Demirgil ve Karagöz, 2009, s. 50). İnsan sermayesi göstergesi için yöneticinin bu sektörde kaç yıl deneyimi olduğu, üretim dışı faaliyetlerde çalışan personel oranı (yönetim, satış vb. birimlerde çalışanların oranı) ve üniversite mezunu çalışan oranı değişkenleri kullanılmıştır. Firmadaki üretim dışı faaliyetlerde çalışanların oranı, üretim dışı faaliyetlerde tam zamanlı çalışan kişi sayısı, toplam tam zamanlı çalışan kişi sayısına oranlanarak hesaplanmıştır.

Çalışmada anket dönemi 2019 yılı olan Türkiye'de imalat sektöründe faaliyet gösteren firmaların büyüme performansını incelemek amacıyla 2016-2018 yılları arasında satış gelirlerini artıran 396 firmanın verileri incelenmiştir. Satış geliri arttığı halde çalışan sayısı verilerinde tutarsızlık olan bir firma örneklemden çıkarıldıktan sonra 395 firma ile çalışma yapılmıştır.

## Bulgular

Çalışmada RStudio 2023.09 programı “quantreg” kütüphanesi kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Firmaların tanımsal istatistikleri Tablo 2’de verilmiştir.

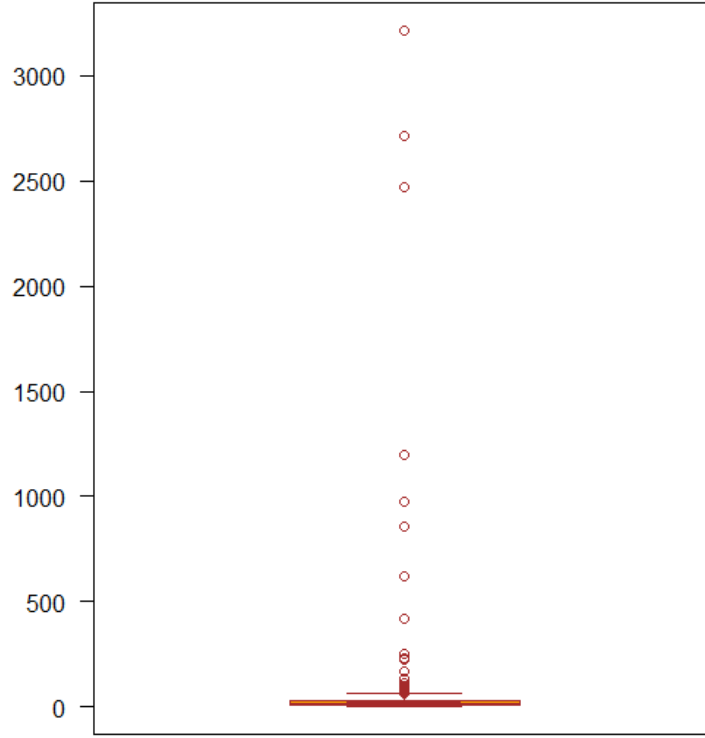
Tablo 2. Tanımsal İstatistikler

	Min.	Medyan	Ortalama	Mak.
<b>Büyüme</b>	1.33	15.57	55.82	3215.79
<b>Yaş</b>	3	19	21.46	98
<b>Yönetici_deneyimi</b>	3	25	26.59	58
<b>Kapasite_kullanımı</b>	10	80	75.70	100
<b>Haftalık_çalışma_saati</b>	38	45	59.75	168
<b>Üretim_dışı_çalışan_oranı</b>	1.19	16.67	19.11	78.72
<b>Üniversite_mezunu_çalışan_oranı</b>	0	10	14.02	80

Çalışmada yer alan firmaların büyüme ortalaması yaklaşık %56 iken, yaş ortalaması 21.46’dır. Firmaların üst düzey yöneticisinin sektördeki tecrübe yılı ortalaması 26.59’dur. Firmaların kapasite durumuna bakıldığında ortalama kapasite kullanım oranının yaklaşık olarak %76 olduğu görülmektedir. Ortalama haftalık çalışma saati 59.75’tir. Firmalar istihdam durumu incelendiğinde yaklaşık olarak tam zamanlı çalışanlarda üretim dışı çalışan oranı ortalaması %19, üniversite mezunu çalışan oranı ortalaması %14’tür.

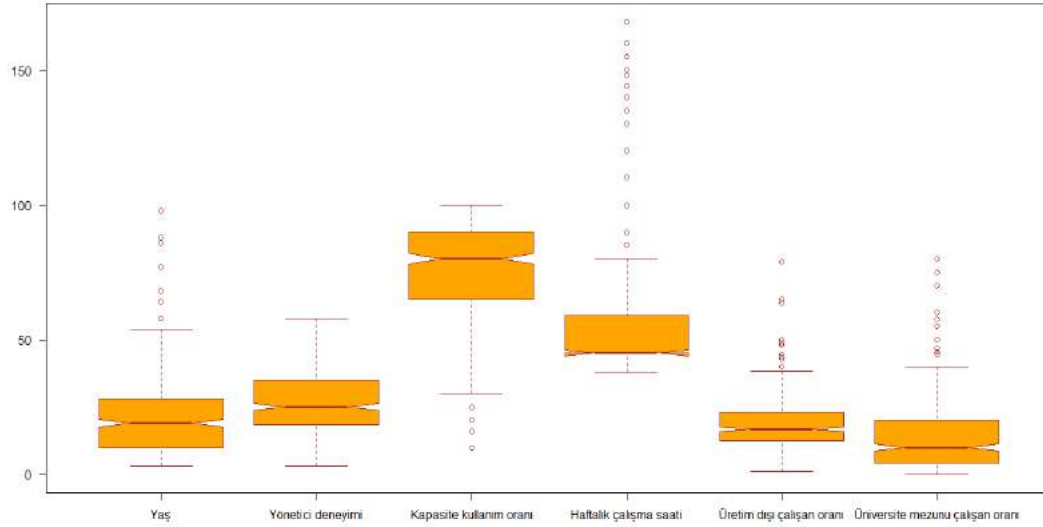
<sup>1</sup> Satış geliri, cari yıl satışlarını, (satış geliri-1) ise bir önceki yıl satışlarını göstermektedir.

<sup>2</sup> Satış geliri, cari yıl satışlarını, (satış geliri-2) ise 2 yıl önceki satışlarını göstermektedir.



Büyüme

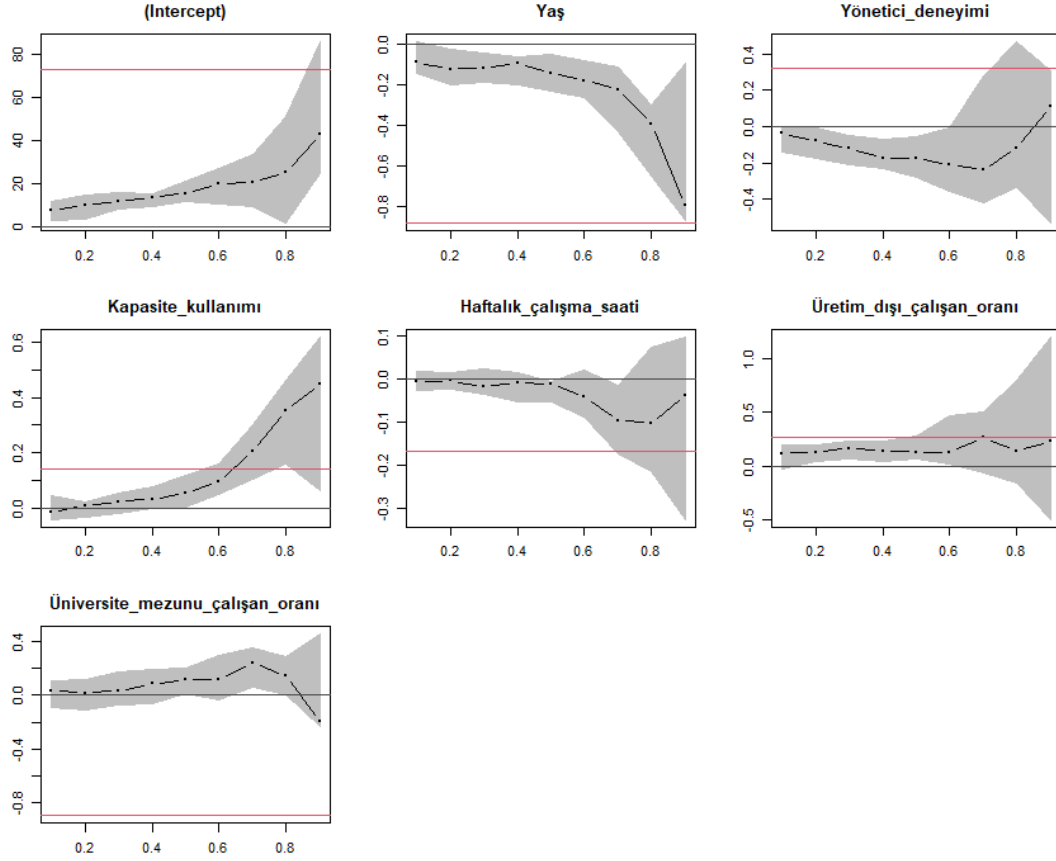
Şekil 1. Bağımlı Değişkene İlişkin Boxplot Grafiği



Şekil 2. Bağımsız Değişkenlere İlişkin Boxplot Grafiği

Şekil 1’de bağımlı değişken ve Şekil 2’de bağımsız değişkenlere ilişkin boxplot grafikleri gösterilmiştir. Boxplot grafiği ile aykırı değer tespiti yapılabilmektedir (Kulaç, 2019, s.24). Şekil 1’e göre bağımlı değişken olan büyüme değişkeninde aykırı değerler bulunmaktadır. Şekil 2’de bağımsız değişkenler değerlendirildiğinde ise yönetici deneyimi dışında kalan tüm değişkenlerin aykırı değerlere sahip olduğu görülmektedir. Kantil regresyon yöntemi aykırı değerlere karşı esnektir. Ayrıca kantil regresyon yönteminde aykırı değerler varlığında oluşabilecek varsayımların sağlanması beklenmemektedir. Aykırı değer varlığında kantil regresyon yöntemi kullanmak daha doğru sonuçlar vermektedir (Çınar, 2019).





Şekil 3. Değişkenler Bazında Farklı Kantil Düzeylerine İlişkin Parametre Tahminleri

Şekil 3'te firma büyüme performansına etki eden değişkenler için kantil regresyon analizi ile belirlenen parametre tahminleri gösterilmektedir. Grafiklerde siyah noktalar kantiller için parametre tahminlerini gösterirken, kırmızı yatay çizgiler, EKK yöntemi kullanıldığında tahmin edilen parametre değerini göstermektedir. Gri alanlar ise kantil regresyon parametre tahminlerinin güven aralığını göstermektedir. (Aksoy, 2023 s.100). Yani bu araştırma için farklı örneklem kullanılırsa parametre tahminlerinin hangi aralıkta olabileceği görülmektedir (Kul, 2014, s.12). Siyah çizgiler ise sıfır noktasını göstermektedir. Grafiklerde kantil regresyon ile farklı kantiller için parametre tahminleri yapıldığı açıkça görülmektedir.

Firmaların büyüme performansı farklı kantil düzeylerinde tahmin edilmiş ve parametre tahminleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Farklı Kantil Düzeylerine İlişkin Parametre Tahminleri

	q=0.10	q=0.20	q=0.30	q=0.40	q=0.50	q=0.60	q=0.70	q=0.80	q=0.90
(Intercept)	7.339*** (0.000)	9.727*** (0.000)	11.582*** (0.000)	13.383*** (0.000)	15.359*** (0.000)	20.025*** (0.008)	20.458** (0.012)	25.148* (0.083)	43.005* (0.064)
Yaş	-0.089*** (0.000)	-0.122*** (0.000)	-0.119*** (0.004)	-0.093** (0.040)	-0.144*** (0.010)	-0.179*** (0.001)	-0.223* (0.059)	-0.394** (0.026)	-0.798*** (0.000)
Yönetici_deneyimi	-0.037 (0.182)	-0.081** (0.017)	-0.121*** (0.004)	-0.178*** (0.001)	-0.173** (0.046)	-0.212 (0.120)	-0.241 (0.205)	-0.119 (0.690)	0.109 (0.751)
Kapasite_kullanımı	-0.015 (0.277)	0.009 (0.632)	0.022 (0.253)	0.032 (0.145)	0.055 (0.199)	0.095 (0.115)	0.207*** (0.009)	0.351** (0.011)	0.449* (0.058)
Haftalık_çalışma_saati	-0.004 (0.753)	-0.003 (0.708)	-0.017 (0.367)	-0.008 (0.684)	-0.012 (0.550)	-0.041 (0.202)	-0.095 (0.144)	-0.102 (0.296)	-0.037 (0.829)
Üretim_dışı_çalışan_oranı	0.117*** (0.010)	0.129*** (0.000)	0.166*** (0.002)	0.143*** (0.009)	0.129 (0.152)	0.127 (0.311)	0.263 (0.121)	0.140 (0.610)	0.231 (0.622)
Üniversite_mezunu_çalışan_oranı	0.032* (0.060)	0.016 (0.606)	0.032 (0.522)	0.085 (0.139)	0.120 (0.179)	0.118 (0.277)	0.238 (0.110)	0.148 (0.413)	-0.192 (0.506)

\* p&lt;0.10. \*\*p&lt;0.05. \*\*\*p&lt;0.01

Tablo 3'e göre imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların yaşının, firma büyüme performansı üzerinde tüm kantil düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve negatif etkisi olduğu görülmektedir. Daha net bir ifadeyle firma yaşı arttığında, firmaların büyüme performans düzeyleri fark etmeksizin büyüme performanslarında bir düşüş görülmektedir. Ayrıca kantil düzeyleri arttıkça firma yaşının firma büyümesi üzerinde yarattığı etkinin arttığı görülmektedir. Bir başka deyişle firma yaşındaki artış, büyüme performans düzeyi fazla olan firmalarda büyüme performansında daha fazla azalışa neden olmaktadır (0.10'uncu kantil seviyesinde tahmin katsayısı -0.089 iken, 0.90'ıncı kantil seviyesinde tahmin katsayısı -0.798'dir.).

Üst düzey yöneticinin sektördeki deneyiminin, firma büyüme performansı üzerinde 0.20, 0.30, 0.40 ve 0.50'nci kantillerde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmaktadır. Büyüme performansı daha düşük düzeyde olan imalat firmalarında, üst yöneticinin sektördeki deneyimi arttıkça büyüme performansında düşüş görülmektedir. Bunun yanında anlamlı kantillerde kantil düzeyi arttıkça üst düzey yöneticinin sektördeki deneyiminin artması firma büyüme performansında daha fazla azalışa neden olmaktadır (0.20'inci kantil düzeyinde tahmin katsayısı -0.081 iken, 0.50'inci kantil düzeyinde tahmin katsayısı -0.173'dir.).

Firmaların kapasite kullanım oranının, firma büyüme performansı üzerinde 0.70, 0.80 ve 0.90'ıncı kantiller için pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmaktadır. Bu kantillerde kapasite kullanım oranı arttıkça firma büyüme performansı artmaktadır. Firmaların kapasite kullanım oranı firma büyüme performans düzeyi yüksek olan firmalar için anlamlıdır. Anlamlı kantillerde kapasite kullanım oranının artması firma büyüme performansında daha fazla artışa neden olmaktadır (0.70'inci kantil düzeyinde tahmin katsayısı 0.207 iken, 0.90'ıncı kantil düzeyinde tahmin katsayısı 0.449'dir.).

İmalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların haftalık çalışma saatlerinin büyüme performansı üzerinde etkili olmadığı görülmektedir. Tüm kantil düzeyleri incelendiğinde haftalık çalışma saati değişkeni için elde edilen tahminlerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir.

Firmaların üretim dışı faaliyetlerde çalışan oranının, firma büyüme performansı üzerinde 0.10, 0.20, 0.30, ve 0.40'ınci kantiller için pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır. Büyüme performans düzeyi düşük olan firmalar için, üretim dışı faaliyetlerde çalışan oranı arttıkça firma büyümesi artmaktadır. Anlamlı kantil seviyeleri dikkate alındığında firmaların üretim dışı faaliyetlerde çalışan oranının firma büyüme performans düzeyi yüksek olan firmalarda daha fazla artışa neden olmaktadır (0.10'uncu kantil düzeyinde tahmin katsayısı 0.117 iken, 0.40'ınci kantil düzeyinde tahmin katsayısı 0.143'tür.).

Firmadaki üniversite mezunu çalışan oranının, firma büyüme performansına sadece 0.10'uncu kantilde pozitif ve anlamlı etkisi bulunmaktadır. İmalat sektöründe faaliyet gösteren firmalarda büyüme performans düzeyi en düşük düzeyde olan firmalarda üniversite mezunu çalışan oranı arttıkça firmaların büyüme performansında artış olmaktadır. Büyüme performans düzeyi yüksek düzeyde olan firmalarda üniversite mezunu çalışan oranının büyüme performansı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi yoktur.

## Sonuç

Türkiye'de imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların büyüme performansları çeşitli özellikler bakımından incelenmesi, ekonomilerin özel sektördeki firmalarının finansmana erişim, yolsuzluk, altyapı, suç, rekabet ve performans ölçütleri gibi iş ortamı konularını ele alan Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD), Dünya Bankası (WB) ile ortaklaşa yapılan ve iş ortamının kalitesini inceleyen "İş Ortamı ve İşletme Performansı Araştırması" (BEEPS) anketi 2018-2020 sonuçları ile yapılmıştır. Türkiye'de imalat sanayinde faaliyet gösteren 2016-2018 yılları arasında satış gelirlerini artırmış olan 395 firma kantil regresyon analizi ile incelenmiştir. Analiz sonucunda çoğu etken için firmaların farklı büyüme performans düzeylerinde farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Firma yaşı arttığında, firmanın büyüme performansında düşüş olduğu görülmüştür. Firma yaşındaki artışın büyüme performansında bir azalışa neden olduğu, böylece genç firmaların büyüme performansının daha yüksek olabileceği öngörülmektedir. Bu sonuç Schumpeter (1942) yaratıcı yıkım teorisi (Creative Destruction) ile ilişkilendirilebilir. Literatürde firma yaşı ile büyüme performansı arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu gösteren çalışmalar olsa da negatif yönlü bir ilişki olduğunu gösteren çalışmalar çoğunluktadır. Evans (1987), çalışmasında imalat sanayinde faaliyet gösteren firmalar için firma yaşı arttıkça firma büyümesinin azaldığı sonucuna varmıştır. Benzer şekilde Erkan (2015), Türkiye'de sanayi sektöründe faaliyet gösteren firmaların yaşlarında artış oldukça hantallaştığı ve büyüme performanslarının düştüğü sonucuna varmıştır.

Kapasite kullanımının artması bir anlamda firmanın büyüdüğünü gösteren bir etken olmakla birlikte firma büyüme performansı üzerinde önemli bir etkisi vardır (Baştürk ve Ödül, 2008, s.144). Çalışma sonucunda da kapasite kullanım oranındaki artışın büyüme performansını artırdığı görülmektedir. Kapasite kullanım oranının, firma büyüme performansı üzerindeki etkisinin firma büyüme performansı yüksek olan firmalar için istatistiksel olarak anlamlı olduğu, kapasite kullanım oranındaki artışın büyüme performansını arttırdığı dikkat çekmektedir. Ayrıca büyüme performans düzeyi yüksek olan firmalarda, firma büyüme performans düzeyi arttıkça kapasite kullanım oranındaki artış, büyüme performansında daha fazla artışa neden olmaktadır. Haftalık çalışma saati için elde edilen tahminlerin ise anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür. Firmaların haftalık çalışma saatinin, firma büyüme performansı üzerinde bir etkisi olmadığı ortaya çıkmıştır.

Ayrıca firmaların üst düzey yöneticilerin sektördeki deneyiminin, firma büyüme performans düzeyi düşük olan firmaların büyüme performansı üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Üst düzey yöneticilerin sektördeki deneyiminin artmasının firma büyüme performansında düşüşe neden olduğu gözlenmektedir. Firma büyüme performans düzeyi yüksek olduğunda ise üst düzey yöneticilerin sektördeki deneyiminin büyüme performansı üzerinde etkisi olmadığı görülmüştür.

Emek yoğun bir sektör olan imalat sanayi sektöründe yönetim, satış vb. birimlerde çalışanların oranı yani üretim dışı faaliyetlerde çalışan oranı büyüme performans düzeyi daha düşük olan firmaların büyüme performansını etkilemektedir. Büyüme performansı daha düşük olan firmalar için üretim dışı faaliyetlerde çalışan oranı arttıkça firma büyümesinin arttığı görülmektedir. Bu sonuca istinaden bu firmaların, yönetim ve satış birimlerini güçlendirerek verimliliklerini ve böylece büyümelerini artırabilecekleri öngörülmektedir. Üretim dışı faaliyetlerde çalışanlar, yönetim kararlarının alınması, üretimin planlanmasında, yenilik geliştirmede ve müşterilere ulaşma gibi konularda bir firmanın işleyişi açısından önemli olduğu bilinmektedir. Çalışanlar arasında üretim dışı faaliyetlerde çalışan oranı yüksek olan firmalar daha verimlidir (Çağlar ve Koyuncu, 2018). Benzer olarak imalat sanayi sektöründe faaliyet gösteren firmalarda büyüme performansının en düşük düzeyde olduğu firmalarda üniversite mezunu çalışan oranı arttıkça firmaların büyüme performansında artış olduğu görülmektedir.

---

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkısı:** Çalışma Konsepti/Tasarımı: A.K.H., S.B.K.; Veri Toplama: A.K.H., S.B.K.; Veri Analizi /Yorumlama: A.K.H., S.B.K.; Yazı Taslağı: A.K.H., S.B.K.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: A.K.H., S.B.K.; Son Onay ve Sorumluluk: A.K.H., S.B.K.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer Review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Conception/Design of study: A.K.H., S.B.K.; Data Acquisition: A.K.H., S.B.K.; Data Analysis/Interpretation: A.K.H., S.B.K.; Drafting Manuscript: A.K.H., S.B.K.; Critical Revision of Manuscript: A.K.H., S.B.K.; Final Approval and Accountability: A.K.H., S.B.K.

**Conflict of Interest:** The authors have no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The authors declared that this study has received no financial support.

---

#### ORCID:

Aycan Kulaksız Hacıbebekoğlu 0009-0005-2965-9866  
Seda Bağdatlı Kalkan 0000-0003-3002-2983

#### KAYNAKLAR / REFERENCES

- Alan O. Sykes. (1993). An introduction to regression analysis (Law & Economics Working Paper No.20). Chicago: Coase-Sandor Institute for Law & Economics. Erişim adresi: [https://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1050&context=law\\_and\\_economics](https://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1050&context=law_and_economics)
- Aksoy, F. (2023). *Kantil regresyon analizi: yoksulluk üzerine bir uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Alakaya, D. (2019). *Kantil regresyon ve doğrusal regresyon yöntemlerinin performansını etkileyen faktörlerin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Albeni, M. ve Doğan, B. (2015). Türk imalat sanayisinde yenilikçi faaliyetlerin firma performansına etkisi. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 15(31), 25-44. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/auibfd/issue/32336/359313>
- Altın Yavuz, A. & Gündoğan Aşık, E. (2017). Quantile Regression. *International Journal of Engineering Research and Development*, 9(2), 137-146. <https://doi.org/10.29137/umagd.352530>
- Aslan M. ve Sığınç, H. (2022). Pazarlama harcamalarının firma karlılık ve büyüme performansına etkisi. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 0(30), 311- 327. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/diclesosbed/issue/70823/1091791>
- Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD). (2018-2020). *2018-2020 İş Ortamı ve İşletme Performansı Araştırması* (BEEPS). Erişim adresi: BEEPS | 2018-2020 ([beeps-ebd.com](https://beeps-ebd.com))
- Baştürk, F. H. ve Ödül, Y. (2008). Firma büyüklüğü ile firma büyümesi arasındaki ilişkinin Gibrat Yasası çerçevesinde ele alınması. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (39), 142-154. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mufad/issue/35613/395730>
- Buchinsky, M. (1998). Recent advances in quantile regression models: a practical guideline for empirical research. *The Journal of Human Resources*, 33(1), 88–126. <https://doi.org/10.2307/146316>

- Cade, B. S., & Noon, B. R. (2003). A gentle introduction to quantile regression for ecologists. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(8), 412-420. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2003\)001\[0412:AGITQR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0412:AGITQR]2.0.CO;2)
- Cameron A.C., & Trivedi P.K. (2005). *Microeconometrics: Methods and Applications*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Chen, C. & Wei, Y. (2005). Computational issues for quantile regression. *The Indian Journal of Statistics*, 67(2), 399-417. <https://doi.org/10.2307/i25053424>
- Chen, L., (2005). An introduction to quantile regression and the QUANTREG procedure. *Statistics and Data Analysis*, 213-230.
- Coad, A. & Hölzl, W. (2010). Firm growth: empirical analysis (Papers on Economics and Evolution No. 1002). Jena: Max Planck Institute of Economics. Erişim adresi: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/32646/1/622801546.pdf>
- Çağlar E. ve Koyuncu E. (2018). Toplam Faktör Verimliliği için Politika Çerçevesi Geliştirilmesine Destek Projesi BEYAZ KİTAP. Miki Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Şti. Ankara. Erişim adresi: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/tr/Beyaz-Kitap-TR-FINAL.pdf>
- Çağlayan, E. ve Arıkan, E., (2011). Determinants of House Prices in Istanbul: A Quantile Regression Approach, *Quality & Quantity: International Journal of Methodology*, 45(2): 305-317. <https://doi.org/10.1007/s11135-009-9296-x>
- Çınar, U. K. (2019). En küçük kareler regresyonuna alternatif bir yöntem: kantil regresyon. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 7(18), 57-71. <https://doi.org/10.33692/avrasyad.595467>
- Depren, Ö., Kartal, M. T., & Kılıç Depren, S., (2021). Macroeconomic determinants of interest rates in BRICST, MINT, and fragile five countries: evidence from quantile regression analysis. *Studies in Business and Economics*, 16(1), 51-67.
- Dorak, Ö. (2017). *Kantil regresyon ve en küçük kareler yöntemlerinin karşılaştırılması: bir uygulama denemesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Durmuş, B., İşçi Güneri, Ö. & İncekırık, A. (2022). Sayma verileri ile kantil regresyon: aşırı yayılım veri örneği. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9 (1), 286-303. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.1018339>
- Erkan, M.K. (2015). *Firma büyüme performansının dinamikleri*. (Doktora Tezi). Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Evans D.S. (1987). The relationship between firm growth, size, and age: estimates for 100 manufacturing industries. *The Journal of Industrial Economics*, 35(4), 567-581. <https://doi.org/10.2307/2098588>
- Gemici, E. ve Polat, M. (2019). Firma büyümesi ile karlılık arasındaki ilişki: Türkiye örneği. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (37), 111-120. <https://doi.org/10.30794/pausbed.458303>
- İşçi Güneri, Ö., İncekırık, A. ve Durmuş, B. (2021). "Aykırı değer durumunda bazı sağlam regresyon yöntemlerinin karşılaştırılması. *New Era International Journal of Interdisciplinary Social Researches*, 6 (11), 33-51. <http://dx.doi.org/10.51296/newera.133>
- Seo J.H., Perry V.G., Tomczyk D., & Solomon G.T., (2014). Who benefits most? The effects of managerial assistance on high- versus low-performing small businesses, *Journal of Business Research*, 67(1), 2845-2852. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2012.07.003>
- Judge, G. G., Griffiths, W. E., Hill, R. C., Lütkepohl, H., Lee, T. C. (1985). *The Theory and Practice of Econometrics*. Canada, John Wiley and Sons.
- Karaöz, M. ve Demirgil, Y. (2009). Firma büyüme performansını etkileyen faktörler. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14 (2), 47-68. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sduiibfd/issue/20830/223107>
- Koenker, R. (2005). *Quantile Regression*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Koenker, R., & Bassett, G. (1978). Regression Quantiles. *Econometrica*, 46(1), 33. <https://doi.org/10.2307/1913643>
- Koenker, R., & Hallock K., F. (2001). Quantile regression an introduction. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 143-156. <https://doi.org/10.1257/jep.15.4.143>
- Kul, S. (2014). İstatistik Sonuçlarının Yorumu: P-değeri ve Güven Aralığı Nedir?. *Türk Toraks Derneği Dergisi*, 11-13. <https://doi.org/10.5152/pb.2014.003>
- Kulaç, E. (2019). Çok değişkenli verilerin grafiksel sunumu. (Yüksek Lisans Tezi). Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.
- Lee, C.-Y. (2010). A theory of firm growth: Learning capability, knowledge threshold, and patterns of growth. *Research Policy*, 39(2), 278-289. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.12.008>
- Schumpeter, Joseph A. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper and Brothers.
- Uyar, U., Kangallı Uyar, S.G. ve Gökçe, A. (2016). Gösterge faiz oranı dalgalanmaları ve BİST endeksleri arasındaki ilişkinin eşanlı kantil regresyon ile analizi. *Ege Akademik Bakış*, 16(4), 587-598. <https://doi.org/10.21121/eab.2015119947>
- Ünvan Y. A. ve Demirel O. (2020). Kandaki kolesterol miktarına etki eden etkenlerin en küçük kareler yöntemine alternatif kantil regresyon ile incelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 11(2), 199-205. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1147737>
- Vupa, Ö. ve Gürünlü Alma, Ö. (2008). Regresyon analizinde kullanılan en küçük kareler ve en küçük medyan kareler yöntemlerinin karşılaştırılması. *Süleyman Demirel University Faculty of Arts and Science Journal of Science*, 3(2), 219-229. <https://doi.org/10.29233/sdufeffd.134658>

**Atıf Biçimi / How cite this article**

Kulaksız Hacıbebekoğlu, A., & Bağdatlı Kalkan, S. Determination of criteria affecting the growth performance of manufacturing industry firms in Türkiye using quantile regression. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 98–109. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1381467>

## Terörist Faaliyetler Bağlamında Uluslararası Göçün Belirleyicileri: Panel Veri Analizi\*

### The Determinants of International Migration in the Context of Terrorist Attacks: A Panel Data Analysis

Bengü TOSUN<sup>1</sup> , Murat EREN<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>(Dr. Öğr. Gör.), Ankara Bilim Üniversitesi, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>(Doç. Dr.), Iğdır Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, Iğdır, Türkiye.

\*Bu çalışma 19 – 20 Ocak 2023 tarihleri arasında Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi’nde düzenlenen II. Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Kongresi’nde yazarlar tarafından sunulan “Terörist Faaliyetler Bağlamında Uluslararası Göçün Belirleyicileri” başlıklı özet metinden türetilmiştir.

#### ÖZ

Uluslararası göçün belirleyicilerini incelemeye yönelik geliştirilen bu çalışmada, göç kararının temel belirleyicisinin ekonomik faktörler olduğunu ileri süren Neo – Klasik göç yaklaşımının geçerliliği sınanmış ve çeşitli ekonomik göstergeler ile birlikte terör olayları da göz önünde bulundurularak değişkenler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Çalışma, dünyada en çok göç alan 20 ülke kapsamında geliştirilmiş ve her bir göç alan ülkeye en çok göç veren ülkelerden göç hareketleri çok boyutlu panel çekim modeli çerçevesinde 1995 – 2020 dönemi beş yıllık verileri kullanılarak Poisson Pseudo En Çok Olabilirlik Tahmincisi ile incelenmiştir. Elde edilen bulgular, göç alan ülkelerdeki gelir düzeyinin göç hareketlerini negatif yönde, göç veren ülkelerde gerçekleşen terör olaylarının ve göç veren ülkelerin enflasyon oranının uluslararası göç hareketlerini pozitif yönde etkilediğini göstermiştir. Göç veren ülkelerin gelir düzeyinin ve işsizlik oranının ise istatistiksel olarak etkili olmadığı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular paralelinde araştırma kapsamında ele alınan ülkeler için Neo – Klasik göç teorisinin geçerli olmadığı, güvenlik faktörünün göç kararında daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

#### ABSTRACT

In this study, which was developed to examine the determinants of international migration, the validity of the Neo – Classical migration approach, which claims that the main determinant of the migration decision is economic factors, was tested and the relations between the variables were investigated taking into account various economic indicators as well as terrorist incidents. The study was developed within the scope of the 20 countries that receive the most immigrants in the world, and the migration movements from the countries that give the most immigrants to each immigrant receiving country were examined with the Poisson Pseudo Maximum Likelihood Estimator using the five – year data for the period 1995 – 2020 within the framework of the multidimensional panel gravity model. The findings show that the income level in the destination countries negatively affects the migration movements, while the terrorist attacks in the origin countries and the inflation rate of the origin countries affects it positively. In addition, it was determined that the income level and unemployment rate of the origin countries are not statistically significant. In parallel with the findings, it was concluded that the Neo – Classical migration theory is not valid for the countries covered in the research and that the security factor is more important in the migration decision.

**Anahtar Kelimeler:** Uluslararası göç, terörist saldırılar, Poisson pseudo en çok olabilirlik tahmincisi

**Keywords:** International migration, terrorist attacks, Poisson pseudo maximum likelihood

Corresponding Author: Bengü Tosun E-mail: bngtosun@gmail.com

Submitted: 30.10.2023 • Accepted: 16.11.2023



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## EXTENDED SUMMARY

Human migration, which expresses the geographical movement of human communities for social and economic reasons, dates back to the early periods of history. However, international human migration has increased significantly, especially in the last 50 years with the effects of globalization, and the causes and consequences of migration as a concept have changed greatly. The number of international migrants, which had been 84 million in 1970, reached 153 million in 1990 and 281 million in 2020. The increased number of international immigrants, who made up 3.6% of the global population as of 2020, has caused social and economic transformations for both the origin and destination countries. Long-term data on international migration reveal it to not have a uniform structure all over the world but rather to be shaped by economic, geographical, and demographic factors. This study was developed to examine the determinants of international migration. It tests the validity of the Neo - Classical approach to migration, which claims economic factors to be the main determinant for deciding to migrate, and investigates the relations among the variables by taking into account various economic indicators as well as terrorist incidents.

The study was developed within the scope of the 20 countries to have received the most immigrants in the world and examines the migration movements from the countries that have sent the most immigrants to each destination country using the multidimensional panel gravity model approach with five-year datasets from 1995 to 2020. The study uses the number of immigrants from the origin countries as the dependent variable and economic indicators such as income levels, unemployment, and inflation rates of origin and destination countries; the distance between countries; common languages; common borders; and terrorist incidents as independent variables. Model estimation was performed using the multidimensional Poisson pseudo maximum likelihood estimator.

The findings show income levels in destination countries to negatively affect migration movements, while terrorist attacks and inflation rates in origin countries to positively affect international migration movements. In addition, origin countries' income levels and unemployment rates were determined to not statistically significantly affect migration movements.

In parallel with the findings, Neo - Classical migration theory was determined to not be valid for the countries covered in the research and the factor of security to be more important regarding the decision to migrate. International migration movements have brought about remarkable changes in countries' economic and social structures. As of 2020, the world had 26.4 million refugees, and in 2020 alone, 3,900 deaths and missing persons had occurred due to migration movements. This study discusses the determinants of international migration, as it has important economic and social consequences. The study aims to use the findings from the empirical analysis to provide data for projecting how to reduce the social and economic costs of migration and to contribute to the existing literature.

## Giriş

Ülkelerin ekonomik, sosyal ve politik açılardan uluslararası piyasalara entegrasyonunu ifade eden ve ülkeler arasında artan karşılıklı bağımlılık olarak ele alınan küreselleşme (Irani & Noruzi, 2011; Kritz & Zlotnik, 1992), ekonomik faktörlerde meydana getirdiği gelişmeler paralelinde teknolojik gelişmelerin hızlanmasına katkıda bulunmuş, iletişim ve ulaşım araçlarının çeşitliliğinin artmasını sağlarken, maliyetlerinin azalmasına yol açmıştır. İletişim ve ulaşım araçlarının çeşitliliğindeki artış ve maliyetlerindeki düşüş ise sosyal, politik ve ekonomik açılardan ulusal sınırlar içinde hayatından memnun olmayan bireylerin ulusal sınırlar dışında fırsat arayışına girme eğiliminde artışa neden olmuştur.

Kişilerin, uluslararası bir sınırı geçerek ve vatandaşı olmadıkları bir ülkeye olağan ikamet yerlerinden taşınmaları olarak tanımlanan uluslararası göç (Sironi vd., 2019), özellikle 1990'lı yıllarda ve sonrasında yaygınlaşan küreselleşmenin de etkisiyle önemli derecede artış göstermiştir (Gygli vd., 2019). 1970 yılında 84 milyon olan uluslararası göçmen sayısı, 1990 yılında 153 milyona, 2020 yılında ise 281 milyona ulaşmıştır. 2020 itibarıyla küresel nüfusun %3,6'sını oluşturan uluslararası göçmen sayısındaki artış ve uluslararası göçe ilişkin uzun dönemli veriler ise göçün tüm dünyada tek düze bir yapı barındırmadığını, ekonomik, coğrafi, demografik faktörler tarafından şekillendirildiğini ortaya çıkarmaktadır (Birleşmiş Milletler, 2020; McAuliffe & Triandafyllidou, 2021).

1960'lı yıllardan itibaren göçe ilişkin geliştirilen temel teoriler göç kararının öncelikli belirleyicisinin ekonomik faktörler olduğunu ileri sürmektedir. Bununla birlikte Birleşmiş Milletler Mülteci Ajansı'na göre çatışma, şiddet eylemi veya tehdidi sonucunda olağan ikametini değiştirmek zorunda kalan insan sayısı 2012 yılında 42,7 milyon iken 2020 yılında 82,3 milyon kişiye yükselmiştir (Birleşmiş Milletler, 2022). Küresel Terörizm Veri Tabanı'na (Global Terrorism Database – GTD) göre dünya çapında terörist eylemler son 20 yılda ikiye katlanırken, son on yılda terör eylemlerinden kaynaklı olarak yılda ortalama 21 bin kişi hayatını kaybetmiştir (Carril – Caccia vd., 2021; START, 2022). Terörizm ise şiddet eylemlerinden kaynaklı olarak ortaya çıkan göç kararının temel belirleyicilerinden birisi olarak kabul edilmektedir.

Uluslararası göçün dünyadaki ülkelerin büyük bölümünü etkileyen, belirleyicileri ve sonuçları açısından zaman içinde önemli şekilde değişim sergileyen yapısı göz önünde bulundurulduğunda uluslararası göçün belirleyicilerini çeşitli eksenlerde incelemek göç hareketlerinin gelişiminin anlaşılmasına, uygulamada politikalar oluşturulmasına katkıda bulunabilmektedir. Bu kapsamda uluslararası göçün belirleyicilerini incelemeye yönelik geliştirilen bu çalışmada ise göç teorilerinin temelini teşkil eden göç

kararının temel belirleyicisinin ekonomik faktörler olduğu hipotezinin geçerliliğini test etmek ve gerçekleşen terör olaylarının göç kararında etkili olup olmadığını incelemek amaçlanmıştır. Dünyada en çok göç alan 20 ülke kapsamında yürütülen çalışmada, her bir göç alan ülkeye en çok göç veren ülkelerden göç hareketleri 1995 – 2020 dönemi beş yıllık verileri kullanılarak çok boyutlu panel çekim modeli yaklaşımı ile incelenmiştir.

Çalışmanın devamında, uluslararası göç literatürünü, mevcut araştırma kapsamında ele alan teorik yaklaşımların ve uluslararası göçün belirleyicilerini araştıran seçili çalışmaların incelendiği “Teorik yaklaşımlar ve güncel çalışmalar” bölümüne yer verilmiştir. “Ampirik analiz” bölümünde analizde kullanılan değişkenlerin, ekonometrik modelin ve tahmin yönteminin tanıtılmasının ardından ampirik analiz sonucunda elde edilen bulgular sunulmuştur. Son olarak “Sonuç ve değerlendirme” bölümünde ise elde edilen bulgulara paralel olarak çeşitli politika önerileri sunulmuş ve mevcut çalışmanın kısıtları ekseninde gelecekte yapılabilecek çalışmalarda dikkat edilebilecek durumlara değinilmiştir.

### **Teorik Yaklaşımlar ve Güncel Çalışmalar**

Bireylerin veya toplumların ekonomik, sosyal veya politik nedenlerle geçici veya kalıcı olarak yer değiştirme eylemleri olarak tanımlanan göç, bilinen insanlık tarihinin başlangıcına kadar uzanmakla birlikte göç teorileri büyük ölçüde 19. yüzyıl sonrasında gelişim göstermiştir. Modern göç üzerine gerçekleştirilen ilk çalışmalardan olan Ravenstein’in Göç Kanunları (The Laws of Migration) nüfus sayımı istatistiklerine dayalı olarak göç sürecinin temel mekanizmalarını ele almış ve göç kararının alınmasındaki temel unsurun ekonomik olarak iyi olma isteği olduğunu ileri sürmüştür (Ravenstein, 1885). Bununla birlikte önerme göç eylemini büyük ölçüde mesafe kısıtı açısından ele aldığından tam bir göç teorisi olmaktan uzak olarak kabul edilmektedir. Benzer şekilde ilk göç teorileri göçü, göç veren ve göç alan bölgelerdeki göreceli nüfus farklılıkları açısından ele alarak mesafe ile ters orantılı olduğunu ileri sürmüş, 1950’lerde ise göç teorileri tamamen mekanik modellerden daha karmaşık modellere evrilmiştir (Hagen-Zanker, 2008).

Neo – Klasik ekonominin makro ve mikro göç kuramı, göç üzerine ilk sistematik teori olarak kabul edilmektedir. Neo – Klasik ekonominin makro göç kuramı göçü, ekonomik kalkınmanın bir parçası olarak ücret farklılıkları ve arz talep eşitsizlikleri ekseninde değerlendirirken, mikro göç kuramı rasyonel ve fayda maksimizasyonuna yönelen bireysel tercihler ekseninde ele almaktadır. Kurama göre iç göç çoğunlukla işgücü arz ve talebindeki coğrafi farklılıklardan kaynaklı olarak kırdan kente, tarım sektöründen imalat sektörüne doğru bireyin daha yüksek kazanç elde etme güdüsüyle gerçekleşmektedir. Benzer şekilde uluslararası göç ücret farklılıklarından kaynaklı olarak ülkeler arasındaki işgücü arz – talep eşitsizliklerinden ileri gelmektedir. Buna göre göçmenler, işgücü arz fazlasına sahip düşük gelirli ülkelerden düşük ücret, iş imkânlarının kısıtlı olması gibi faktörler tarafından itilmekte; işgücü talep fazlasına sahip olan, yüksek gelirli sermaye zengini ülkelere, yüksek ücret ve iş imkânlarının çok olması gibi faktörler tarafından çekilmektedir (Lee, 1966). Uluslararası göç hareketinin sonucunda ise emek zengini ülkelerde göç öncesinde düşük olan ücretler yükselirken, sermaye zengini olan ülkelerde göç öncesinde yüksek olan ücretler düşmektedir (Harris & Todaro, 1970; Lewis, 1954; Ranis & Fei, 1961). Kurama göre uluslararası göç emek piyasasını dengeleyici bir rol oynamakta, buna karşın dengenin sağlanması senaryosu altında göç hareketlerinin devamını ve tersine göçü açıklamakta yetersiz kalmaktadır (Bijak vd., 2004).

Neo – Klasik yaklaşımın arz – talep farklılıkları ekseninde gelişen teorisine karşın Piore (1979) ikili işgücü piyasası teorisi ile göçü, gelişmiş ülkelerin yapısal işgücü talebi ile açıklamaktadır. Yaklaşımına göre gelişmiş ülkelerde işgücü piyasası vasıflı ve vasıfsız işler olmak üzere iki kısımdan oluşmakta ve ücretler statü ve prestiji yansıtmaktadır. Birincil sektörde ücretler yüksektir, istihdam koşulları işin ve işçinin niteliklerinden kaynaklı olarak daha istikrarlıdır ve işçiler büyük ölçüde rekabete karşı korunduğundan ücretler yüksek kalma eğilimindedir. Dolayısı ile birincil sektörün temsil ettiği yüksek statü, prestij, yüksek ücret ve istikrarlı istihdam koşulları yerli işçileri birincil sektördeki işlere yönlendirmektedir. Birincil sektörün aksine ikincil sektörde ise istihdam koşulları ekonomik konjonktüre göre şekillendiğinden istikrarsız, yapılan iş, işçinin özel bir niteliğe ve bilgi birikimine sahip olmasını gerektirmediğinden ve işçiler büyük ölçüde ikame edilebilir nitelikte olduğundan ücretler düşüktür. İkincil sektördeki olumsuz istihdam koşulları gerek düşük statüden gerekse de düşük ücret seviyesinden kaynaklı olarak yerli işçiler tarafından işsiz kalmak pahasına tercih edilmemektedir. Bu durum ise işverenleri ve/veya resmi otoriteleri ikincil sektörde istihdam etmek üzere göç faaliyetlerini teşvik etmeye yönlendirmektedir. İkili işgücü piyasası yaklaşımı göç faaliyetini artıran unsurun göç veren ve düşük gelişmişlik düzeyinde olan ülkelerdeki olumsuz ekonomik koşullardan değil, göçmen işçi kabul eden gelişmiş ülkelerdeki vasıfsız işgücü ihtiyacından kaynaklandığını ifade etmektedir. Bununla birlikte teori, her ne kadar savaş sonrası dönemde Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri’ne olan göç trendini kısmen açıklasa da yalnızca çekici faktörlere odaklanarak göç kararının derinlemesine analizini sunmadığından dar kapsamlı olarak kabul edilmektedir (Hagen-Zanker, 2008). Dünya sistemleri teorisi ise uluslararası göçün temel belirleyicisinin ikili piyasa yapısından değil küreselleşmeden kaynaklandığını ileri sürmektedir.

Wallerstein (1974) tarafından geliştirilen dünya sistemleri veya merkez – çevre göç kuramı, göç eğilimlerini diğer teorilerin ihmal ettiği yapısal faktörleri göz önünde bulundurarak merkez ülkeler ve çevre ülkeler ekseninde ele almaktadır. Kuramda, merkez ülkeler kapitalist yönetim tarzını benimseyen gelişmiş ülkeleri temsil ederken, çevre ülkeler merkez ülkelere bağımlı olan ve büyük ölçüde kapitalist ilişkiler tarafından şekillendirilen ülkeleri temsil etmektedir. Dünya sistemleri teorisine göre göçün



temel belirleyicisi sömürgecilik, Neo – Klasik yönetimler ve çokuluslu şirketlerin, yani merkez ülkelerin kapitalist eylemleridir. Merkez ülkelerin kapitalist uygulamaları çevre ülkelerin az gelişmiş ülke statüsünde kalmalarına neden olarak merkez ve çevre ülkeler arasındaki ekonomik eşitsizliğin varlığını sürdürmesine neden olmakta, bu durum ise çevre ülkelerden merkez ülkelere beşerî sermayenin transferine yol açmaktadır. Dünya sistemleri kuramı, göç eylemini piyasa dinamikleri ve küreselleşme ekseninde ele alarak Sovyetler Birliği'nin çöküşü sonrasındaki göç hareketlerini büyük ölçüde açıklamasına karşın bireysel faktörleri göz önünde bulundurmamaktadır.

Diğer göç teorilerinden farklı olarak Zelinsky (1971), beş farklı sosyal ve ekonomik gelişmişlik düzeyine göre göç hareketlerinin şekillendiğini ileri sürmüştür. Göç geçiş modeli olarak adlandırılan yaklaşıma göre, modernleşme öncesi ilk aşamada kısıtlı hareketlilik söz konusudur ve gerçek anlamda göç faaliyeti söz konusu değildir. İkinci aşamayı temsil eden erken geçiş döneminde, artan doğum oranı ile birlikte azalan ölüm oranı nüfus artışına yol açmakta, kırdan kente ve ülke dışına göç hareketleri erken geçiş aşamasında başlamaktadır. Geç geçiş aşaması olarak adlandırılan üçüncü aşamada artan gelir düzeyine paralel artan modernleşme, doğum oranlarının düşmesine neden olurken ölüm oranlarındaki düşme varlığını sürdürmektedir. Bu aşamada kırdan kente göç devam etmekle birlikte ulusal imkânlardaki artış dış göçün azalmasına neden olmaktadır. Dördüncü aşamayı temsil eden ileri toplum aşamasında kırdan kente göç devam etmekle birlikte büyük ölçüde azalmış, ülke dışından vasıfsız göçmen ülke içine göç etmeye başlamıştır. Vasıflı yerel işçilerin bu aşamadaki göç hareketleri ise ülkeye özgü niteliklere göre değişmektedir. Son aşama ise süper toplumlar aşamasıdır. Bu aşamada gerek iç göçte gerekse de dış göçte büyük ölçüde sıkı kontrol mekanizmaları geliştirildiğinden göç faaliyetleri üzerinde büyük ölçüde kontrol söz konusudur. Zelinsky (1971)'nin göç geçiş modeli, göçü modernleşme sürecinin doğasında var olan ekonomik ve sosyal dönüşümün bir parçası olarak ortaya çıkan, daha fazla kişisel özgürlük tercihinin bir sonucu olarak ele alırken, son aşama olan süper toplum aşamasında göç üzerindeki kontrol mekanizmalarına vurgu yapmaktadır.

Göç faaliyetini kontrol etmeye yönelik yasal girişimler ve uluslararası sınırları geçme hakkı göç hareketlerini doğrudan etkilemektedir. Dolayısı ile göç faaliyetlerine yönelik benimsenen politikalar göç hareketleri üzerinde önemli rol oynamaktadır. Göç faaliyetlerine yönelik kabul edilen kanunlar ve benimsenen politikalar ise büyük ölçüde yürütme üzerinde etkili olan çıkar gruplarının elde edecekleri fayda tarafından şekillendirilmektedir. Ayrıca bireysel hakların koruma altına alınması, kurumsal yapı ve sosyo – ekonomik ilişkileri düzenleyen kanunlar göç kararı üzerinde belirleyici sonuçlar doğurabilmektedir (Hagen-Zanker, 2008). Ayrıca değer – beklenti modelinde ileri sürüldüğü gibi bireylerin göç kararı ekonomik faktörlerden daha fazlasına dayanmakta, kişisel, toplumsal, ulusal güvenlik veya bireylerin öz tatminlerini sağlamaya yönelik girişimleri de göç hareketleri üzerinde önemli rol oynayabilmektedir (Crawford, 1973). Dolayısı ile göç faaliyetlerinin yapısal analizinde yalnızca ekonomik faktörlerin değil sosyal, kurumsal ve siyasal faktörlerin bir bütün olarak ele alınması gerekmektedir (Zolberg, 1981).

Literatürde uluslararası göç hareketlerinin belirleyicilerini inceleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Çalışmalarda elde edilen bulgular ülke, zaman aralığı, seçilen değişkenler ve tahmin yöntemlerine bağlı olarak dikkate değer derecede farklılık göstermektedir.

Çalışmada kullanılan değişkenler kapsamında uluslararası göçün belirleyicilerini ele alan çalışmalar incelendiğinde ise; Karemera vd. (2010), 1976 – 1986 dönemi kapsamındaki verileri kullanarak 70 ülkeden Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Kanada'ya yönelik göçün belirleyicilerini çekim modeli çerçevesinde araştırmışlardır. Çalışmada ülkeler arasındaki mesafe, ortak dil kullanımı, göç veren ve alan ülkelerin gelir düzeyleri, nüfusları, enflasyon oranları ve göç veren ülkelerdeki işsizlik oranlarının göç hareketleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular her iki ülke için oluşturulan modellerde mesafenin ve göç veren ülkelerdeki enflasyon oranlarının göç hareketlerini negatif etkilediğini göstermiştir. ABD modelinde ABD'nin gelir seviyesinin göç hareketlerini pozitif yönde etkilediği tespit edilirken, göç veren ülkeler açısından gelir düzeyindeki artışın, işsizliğin ve ortak dil kullanımının göç hareketleri üzerinde ele alınan dönem kapsamında istatistiki olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Kanada modelinde ise göç veren ülkelerdeki gelir artışının göç hareketlerini pozitif yönde etkilediği görülmüş, Kanada'nın gelir seviyesi, işsizliğin ve ortak dil kullanımının göç hareketleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Göç hareketlerinin belirleyicilerini çekim modeli çerçevesinde inceleyen bir diğer çalışmada Lewer ve Berg (2008), 1991 – 2000 dönemi kapsamındaki veriler ile İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı (Organisation for Economic Co – operation and Development – OECD) üyesi 16 ülke arasındaki göç hareketlerini incelemişlerdir. Ülkeler arasındaki mesafe, nüfus, ortak sınır, ortak dil gibi açıklayıcı değişkenlerin kullanıldığı çalışma sonucunda ortak sınır değişkeninin istatistiki olarak anlamsız olduğu, mesafenin göç hareketlerini negatif, ortak dilin göç hareketlerini pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Benzer şekilde Mayda (2022), OECD üyesi 14 ülkeye yönelik göç hareketlerini 1980 – 1995 dönemi kapsamında çekim modeli çerçevesinde araştırmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre hedef ülkedeki gelir seviyesi göç hareketlerini pozitif etkilerken, kaynak ülkedeki gelir seviyesinin, ülkeler arasındaki ortak sınır ve ortak dil paylaşımının göç hareketleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı görülmüştür.

Göçün belirleyicilerini araştırmaya yönelik geliştirilen çalışmalarda ekonomik faktörlere ek olarak göçü kısıtlayıcı politikalar ve beşerî sermaye gibi sosyal değişkenler de ele alınmıştır. Fitzgerald vd. (2014), 1980 – 2016 dönemi kapsamında 178 ülkeden 18 OECD ülkesine yönelik göç hareketlerini hedef ülkelerdeki kısıtlayıcı politikalar kapsamında incelemişlerdir. Çalışma sonucunda ülkeler arasındaki mesafe, işsizlik ve göçü kısıtlayıcı politikaların göç hareketlerini azalttığı, ortak dil ve ortak sınırı paylaşma gibi

değişkenlerin göç hareketlerini pozitif yönde etkilediği, ülkeler arasındaki gelir farklılıklarının ise istatistiki olarak anlamsız olduğu tespit edilmiştir. Kikkawa vd. (2019), 1950 – 2015 dönemi kapsamında Asya – Pasifik bölgesinden gerçekleşen göç hareketlerini ekonomik, demografik, beşerî sermaye ve çekim modeli değişkenleri çerçevesinde araştırmışlardır. Çalışmada ülkeler arasındaki gelir farklılıkları, hedef ülkedeki reel kişi başına gelir, ülkelerin nüfusları, ülkelerin okullaşma oranları arasındaki farklılıklar, mesafe ve ortak dil kullanımı gibi değişkenlerin göç hareketleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bulgular gelir farklılıkları, hedef ülkedeki reel kişi başına gelir ve ortak dil kullanımının göç hareketlerini pozitif, ülkeler arasındaki mesafenin ise negatif yönde etkilediğini göstermiştir.

Göç kararı üzerinde etkili olan faktörlerin incelendiği çalışmalarda ekonomik, sosyal ve politik faktörlere ek olarak bireysel güvenliğin etkisi de çeşitli ülkeler için ele alınmıştır. Naudé (2010), 1965 – 2005 dönemi kapsamında 45 Sahra Altı Afrika ülkesinden gerçekleşen göçün belirleyicilerini araştırmıştır. Gelir seviyesi, büyüme, nüfus yoğunluğu ve silahlı çatışmalar gibi faktörlerin etkilerinin incelendiği çalışma sonucunda silahlı çatışmaların yüksek ve iş fırsatlarının düşük olmasının göç hareketlerini artırdığı görülmüştür. Carril – Caccia vd. (2021), 2009 – 2018 dönemi kapsamında 119 göç veren gelişmekte olan ülke ve 141 göç alan ülke verilerini kullanarak terör saldırılarının zorunlu göç hareketleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bunun yanı sıra ülkeler arasındaki mesafe, ortak dil kullanımı, göç veren ve alan ülkelerin gelir düzeyleri ve nüfusları modele dahil edilmiştir. Elde edilen bulgular terör olaylarının zorunlu göçü pozitif olarak etkilediğini göstermiştir. Diğer taraftan mesafenin göç hareketlerini negatif etkilediği, ortak dil ile göç veren ve alan ülkelerin gelir düzeylerinin göç hareketleri üzerinde anlamlı bir etkide bulunmadığı tespit edilmiştir. Kwilinski vd. (2022), 2000 – 2018 dönemi kapsamında Avrupa Birliği üyesi ve aday ülke statüsündeki ülkelere yönelik göç hareketlerini araştırmışlardır. Gelir düzeyi, işsizlik, şiddet ve terörizmin göç hareketleri üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre gelir seviyesinin ve işsizliğin göç hareketleri üzerinde sırasıyla pozitif ve negatif yönde etkileri bulunmaktadır. Şiddet ve terörizmin ise istatistiki olarak anlamsız olduğu tespit edilmiştir.

Uluslararası göçün belirleyicilerini araştırmaya yönelik geliştirilen ve mevcut çalışmada ele alınan göstergeler ekseninde değinilen çalışmalarda, göç faaliyetinin tüm dönemlerde ve tüm ülkelerde standart bir yapı sergilemediği, göç kararının ekonomik faktörler kadar politik, sosyal ve demografik faktörlere göre farklılık gösterdiği dikkat çekmektedir. Ayrıca terörist eylemlerin göç kararı üzerindeki etkisinin kısıtlı sayıda çalışmada ele alındığı, mevcut çalışmaların büyük bölümünün Neo – Klasik göç teorisi çerçevesinde oluşturulduğu görülmektedir. İçinde bulunduğumuz yüzyılda artan güvenlik tehdidinin göç kararı üzerindeki etkisini incelemeye yönelik geliştirilen bu çalışmada ise ekonomik faktörlerle birlikte terör eylemlerinin göç kararı üzerindeki etkisi incelenmiş ve ekonomik faktörlerin etkinliği çerçevesinde Neo – Klasik göç teorisinin geçerliliği araştırılmıştır. Çalışmanın devam eden bölümünde ise değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesine yönelik geliştirilen ampirik analize yer verilmiştir.

### Ampirik Analiz

Uluslararası göç eyleminin belirleyicilerinin ampirik olarak ele alındığı bu bölümde, araştırmada kullanılan yöntemin, veri setinin ve modelin tanıtılmasının ardından ampirik bulgulara yer verilmiştir.

### Metodoloji

Göç hareketleri incelenirken farklı tahmin yöntemleri kullanılmakla birlikte çekim modellerinden de sıklıkla faydalanılmaktadır. Çekim modelleri esasen Newton'un yerçekimi teorisine dayanmaktadır. Yerçekimi teorisi, iki cisim arasında oluşan çekim kuvvetinin, iki cismin kütleleri arttıkça artacağını; aralarındaki fiziksel mesafe arttıkça azalacağını ifade etmektedir. Söz konusu teorisinin ekonomiye uyarlanması ülkeler arasındaki dış ticareti açıklamak amacıyla Tinbergen (1962) tarafından gerçekleştirilmiştir. Newton'un yerçekimi teorisinden hareketle ülkeler arasındaki dış ticareti açıklamak için oluşturulan standart çekim modeli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$T_{ij} = \beta_0 \frac{(Y_i)^{\beta_1} (Y_j)^{\beta_2}}{(D_{ij})^{\beta_3}} \quad (1)$$

Eşitlikte *i* ihracatçı ve *j* ithalatçı ülke olmak üzere,  $T_{ij}$ , *i* ve *j* ülkeleri arasındaki dış ticaret hacmini;  $Y_i$  ve  $Y_j$  sırasıyla *i* ve *j* ülkelerinin ekonomik büyüklüğünü;  $D_{ij}$ , *i* ve *j* ülkeleri arasındaki mesafeyi,  $\beta_0$ , orantı sabitini ifade etmektedir. Dolayısıyla dış ticarete uyarlanan çekim modeli, iki ülke arasındaki ticaret hacminin ülkelerin büyüklükleri ile doğru orantılı, ülkeler arası mesafe ile ise ters orantılı olduğunu göstermektedir.

Çalışmada standart çekim modeli, uluslararası göç hareketlerine etki ettiği düşünülen ekonomik ve ekonomik olmayan bağımsız değişkenler eklenerek göç hareketlerine uyarlanmış, denklem logaritmik dönüşüme tabi tutularak doğrusal formda tahmin edilmiştir.

Çalışmada panel veri analizi yöntemlerinden faydalanılmıştır. Panel veri analizlerinde genellikle tek birim ve tek zaman boyutunun ele alındığı iki boyutlu modellerin kullanıldığı görülmektedir. Ancak söz konusu boyutların yeterli olmaması halinde birden fazla boyutu içeren modeller de tahmin edilebilmektedir. Çok boyutlu modeller olarak adlandırılan bu modellerde birbiri içerisine yuvalanmış veya yuvalanmamış, birden fazla birim veya zaman veya her iki durumunda söz konusu olduğu koşullar dikkate alınarak tahmin yapılabilmektedir. Modellerin tahmininde öncelikle kullanılan birim ve zaman etkilerinin varlığı sınanmakta, elde edilen bulgular doğrultusunda uygun tahminciler kullanılarak model tahminleri gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, birbiri içerisine yuvalanmamış iki birim ve bir zaman boyutunun yer aldığı çok boyutlu bir panel veri modeli temel alınmıştır.

Çalışmada kullanılan göç hareketlerine ilişkin çok boyutlu panel çekim modeli, Poisson Pseudo En Çok Olabilirlik Tahmincisi (Poisson Pseudo Maximum Likelihood Estimator – PPML) kullanılarak tahmin edilmiştir. Çekim modeli kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda ağırlıklı olarak En Küçük Kareler (Ordinary Least Squares – OLS) temelli tahmincilerin kullanıldığı ve çekim modelinin logaritmik doğrusal dönüşüm yapılarak tahmin edildiği görülmektedir. Ancak, ticaret, göç ve turizm akımlarına yönelik olarak uygulanabilen çekim modellerinde bağımlı değişken sıfır değeri alabilmektedir. OLS temelli tahminciler, sıfır olarak gerçekleşen değerleri göz önünde bulundurmamakta, logaritması alınmadığından sıfır değerli gözlemleri modelden dışlamaktadır. Sıfır değerli gözlemlerin modelden dışlanması, çekim modelinin tahmininde sapmalara yol açabilmektedir. Ayrıca OLS temelli tahminciler hata terimi varyansının sabit olduğu varsayımı ile çalıştığından, logaritmik – doğrusal dönüşüm yapılarak çekim modelinin söz konusu yöntemler ile tahmin edilmesinin, hata terimi varyansının sabit olduğu varsayımının ihlal edilmesine yol açtığı ifade edilmektedir. Bu problemi çözmek için modelin PPML tahmincisi kullanılarak üstel formda tahmin edilmesi önerilmiş, PPML tahmincisinin sıfır gözlem ve değişen varyans problemlerinin varlığında dahi etkin sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Silva & Tenreiro, 2006; Westerlund & Wilhelmsson, 2011)

Çalışmada birim ve zaman etkilerinin varlığı Olabilirlik Oranı (Likelihood Ratio – LR) testi ile incelenmiştir. LR testinde hiçbir etkinin var olmadığı kısıtlı model ve etkilerin yer aldığı kısıtsız model en çok olabilirlik yöntemi ile tahmin edilmekte ve LR test istatistikleri elde edilmektedir. LR testinde temel hipotez kısıtlı modelin geçerli olduğu varsayımı ile kurulmakta, temel hipotezin reddedilmesi geçerli etkilerin modele dahil edilmesi gerektiğini ifade etmektedir (Yerdelen Tatoglu & Gul, 2019).

### Veri Seti ve Model

Göçün belirleyicilerini incelemeye yönelik geliştirilen bu çalışmada, göç teorilerinin temelini oluşturan insanların ekonomik kaygılarla göç kararı verdiği hipotezinin günümüzde hala geçerliliğini koruyup korumadığı test edilmeye çalışılmış, ayrıca özellikle içinde bulunduğumuz dönemde artan terör olaylarının göç kararında etkili olup olmadığı sorusuna yanıt aranmıştır. Dünyada en çok göç alan 20 ülke kapsamında geliştirilen çalışmada her bir göç alan ülkeye en çok göç veren en çok göç veren ülkelerden gerçekleşen göç hareketleri 1995 – 2020 dönemi beş yıllık verileri kullanılarak çok boyutlu panel çekim modeli yaklaşımı ile incelenmiştir. Çalışma kapsamında analize dahil edilen ülkeler Tablo 1’de sunulmuştur<sup>1</sup>.

Analizde kullanılan değişkenler ve kaynakları Tablo 2’de sunulmuştur.

Temel çekim modelinden hareketle oluşturulan uluslararası göç hareketlerine ilişkin çok boyutlu panel çekim modeli aşağıdaki gibidir:

$$lmigrant_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 lgdpd_{it} + \beta_2 lgdpo_{jt} + \beta_3 lunemp_{jt} + \beta_4 deflator_{jt} + \beta_5 lterror_{jt} + \beta_6 ldistance_{ij} + \beta_7 border_{ij} + \beta_8 lang_{ij} + \mu_i + \gamma_j + \lambda_t + e_{ijt} \quad (2)$$

Denklemden  $i$  göç alan (hedef) ülke  $j$  göç gönderen (kaynak) ülkeyi temsil etmek üzere,  $migrant_{ijt}$ , kaynak ülke  $j$  ülkesinden hedef ülke  $i$  ülkesine gelen göçmen sayısını;  $gdpd_{it}$  ve  $gdpo_{jt}$ , sırasıyla hedef ve kaynak ülkelerin kişi başına düşen Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) değerlerini;  $unemp_{jt}$ , kaynak ülkelerin işsizlik oranlarını;  $deflator_{jt}$ , kaynak ülkelerin deflasyon fiyat endekslerini;  $terror_{jt}$ , kaynak ülkelerde gerçekleşen terör olaylarını;<sup>2</sup>  $distance_{ij}$ , hedef ve kaynak ülkelerin başkentleri arasındaki mesafeyi;  $border_{ij}$ , hedef ve kaynak ülkelerin sınır komşusu olup olmadığını;  $lang_{ij}$ , hedef ve kaynak ülkelerin ortak bir dil paylaşım paylaşmadığını ifade etmektedir. Ayrıca  $\mu_i$  ve  $\gamma_j$  sırasıyla hedef ve kaynak ülkelere ilişkin birim etkilerini,  $\lambda_t$ , zaman etkisini temsil etmektedir.  $e_{ijt}$ , hata terimidir;  $l$ , değişkenlerin doğal logaritmalarının alındığını göstermektedir. PPML tahmincisi ile tahmin edilen çok boyutlu çekim modelinin üstel formdaki gösterimi Denklem 3’teki gibidir:

$$migrant_{ijt} = \exp(\beta_0 + \beta_1 lgdpd_{it} + \beta_2 lgdpo_{jt} + \beta_3 lunemp_{jt} + \beta_4 deflator_{jt} + \beta_5 lterror_{jt} + \beta_6 ldistance_{ij} + \beta_7 border_{ij} + \beta_8 lang_{ij}) + \mu_i + \gamma_j + \lambda_t + e_{ijt} \quad (3)$$

<sup>1</sup> Çalışmada göç alan ülkeler belirlenirken 1995 – 2020 döneminde söz konusu ülkelere gelen göçmen sayılarının yatay ortalamaları alınmış ve bu doğrultuda ülkeler yüksekten düşüğe doğru sıralanmıştır. Dengeli bir panel veri seti oluşturulabilmesi için bazı göç alan ülkeler analize dahil edilememiş, analizler verilerine eksiksiz ulaşılabilen ilk 20 ülke kapsamında gerçekleştirilmiştir.

<sup>2</sup> Analizde etkinliğin sağlanması adına terör olayının meydana gelmediği yıllar için gerçekleşen terör olayı sayısı sıfıra en yakın değer olarak 0.0001 şeklinde değiştirilmiştir.

Tablo 1. Analize Dahil Edilen Ülkeler

Göç Alan Ülkeler	Göç Veren Ülkeler
Amerika Birleşik Devletleri	Çin, Küba, Dominik Cumhuriyeti, El Salvador, Hindistan, Meksika, Filipinler, Porto Güney Kore, Vietnam
Rusya	Ermenistan, Azerbaycan, Belarus, Gürcistan, Almanya, Kazakistan, Kırgız Cumhuriyeti, Tacikistan, Ukrayna, Özbekistan
Almanya	Avusturya, Çekya, Yunanistan, İtalya, Kazakistan, Polonya, Romanya, Rusya Federasyonu, Türkiye, Ukrayna
Suudi Arabistan	Bangladeş, Mısır, Hindistan, Endonezya, Nepal, Pakistan, Filipinler, Sri Lanka,
Fransa	Cezayir, Belçika, Almanya, İtalya, Fas, Portekiz, İspanya, Tunus, Türkiye, Birleşik Krallık
Birleşik Krallık	Bangladeş, Çin, Almanya, Hindistan, İrlanda, Jamaika, Pakistan, Polonya, Güney Afrika, Amerika Birleşik Devletleri
Hindistan	Bangladeş, Brunei, Çin, Myanmar, Nepal, Pakistan, Sri Lanka, Uganda, Birleşik Arap Emirlikleri, Amerika Birleşik Devletleri
Avustralya	Çin, Almanya, Yunanistan, Hindistan, İtalya, Yeni Zelanda, Filipinler, Güney Afrika, Birleşik Krallık
Birleşik Arap Emirlikleri	Bangladeş, Mısır, Hindistan, Endonezya, Ürdün, Kuveyt, Pakistan, Filipinler, Sri Lanka, Sudan
Ukrayna	Ermenistan, Azerbaycan, Belarus, Gürcistan, Kazakistan, Kırgızistan, Rusya Federasyonu, Tacikistan, Özbekistan, Vietnam
İtalya	Arnavutluk, Çin, Fransa, Almanya, Hindistan, Fas, Filipinler, Romanya, İsviçre, Ukrayna
İspanya	Arjantin, Bolivya, Kolombiya, Ekvador, Fransa, Almanya, Fas, Peru, Romanya, Birleşik Krallık
Pakistan	Çin, Hindistan, Endonezya, İran, Irak, Myanmar, Sri Lanka
Kazakistan	Ermenistan, Azerbaycan, Belarus, Güney Kore, Kırgızistan, Rusya, Tacikistan, Türkiye, Ukrayna, Özbekistan
İran	Ermenistan, Azerbaycan, Irak, Pakistan, Türkiye
Türkiye	Bulgaristan, Almanya, Yunanistan, İran, Irak, Hollanda, Kuzey Makedonya, Romanya, Rusya, Suriye
Ürdün	Bangladeş, Çin, Mısır, Hindistan, Endonezya, Irak, Filipinler, Suudi Arabistan, Sri Lanka, Suriye
Tayland	Kamboçya, Çin, Hindistan, Japonya, Laos, Myanmar, Nepal, Sri Lanka, Amerika Birleşik Devletleri, Vietnam
Fildişi Sahilleri	Benin, Burkina Faso, Gana, Gine, Mali, Moritanya, Nijer, Nijerya, Senegal, Togo
Malezya	Bangladeş, Çin, Hindistan, Endonezya, Myanmar, Nepal, Pakistan, Filipinler, Singapur, Vietnam

### Ampirik Bulgular

Çalışmada öncelikle birim ve zaman etkilerinin varlığı üçlü, ikili ve tekli kombinasyonlar halinde LR testi ile sınanmıştır. Test sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur.

Tabloda bir numaralı satırda yer alan ilk test, iki birim ve bir zaman etkisinin birlikte yer aldığı LR testini ifade etmektedir. İki,

Tablo 2. Değişkenler ve Kaynakları

Değişkenler	Açıklama	Kaynak
migrant	Göçmen sayısı	Birleşmiş Milletler (2022)
gdpd	Hedef ülke GSYH (2015, Sabit fiyatlarla)	Dünya Bankası (2022)
gdpo	Kaynak ülke GSYH (2015, Sabit fiyatlarla)	Dünya Bankası (2022)
unemp	Kaynak ülkelerin işsizlik oranları	Dünya Bankası (2022)
deflator	Kaynak ülkelerin deflatör fiyat endeksi	Dünya Bankası (2022)
terror	Kaynak ülkelerde gerçekleşen terör olayları	START (2022)
distance	Kaynak ve hedef ülkelerin başkentleri arasındaki mesafe (km)	CEPII (2022)
border	Kaynak ve hedef ülkelerin ortak sınıra sahip olup olmaması (Ülkeler ortak sınıra sahip ise "1" aksi halde "0" değerini alan kukla değişkendir.)	Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.
lang	Kaynak ve hedef ülkelerin ortak dile sahip olup olmaması. (Ülke nüfuslarının en az %9'nun konuştuğu ortak bir dil var ise sahip ise "1" aksi halde "0" değerini alan kukla değişkendir.)	CEPII (2022)

Tablo 3. LR Testi Sonuçları

	Temel Hipotez	LR İstatistiği	Olasılık Değeri
1	$H_0: \sigma_\mu = \sigma_\gamma = \sigma_\lambda = 0$	930.03***	0.000
2	$H_0: \sigma_\mu = \sigma_\gamma = 0$	888.31***	0.000
3	$H_0: \sigma_\mu = \sigma_\lambda = 0$	605.62***	0.000
4	$H_0: \sigma_\gamma = \sigma_\lambda = 0$	144.33***	0.000
5	$H_0: \sigma_\mu = 0$	579.10***	0.000
6	$H_0: \sigma_\gamma = 0$	131.31***	0.000
7	$H_0: \sigma_\lambda = 0$	9.73***	0.000

Not: \*\*\*, %1 önem seviyesinde istatistiki anlamlılığı ifade etmektedir.

üç ve dört numaralı satırlarda yer alan testler etkilerin ikişerli kombinasyonlar ile; son üç satırda yer alan testler ise etkilerin tek tek anlamlılıklarını sınamak üzere gerçekleştirilen LR test sonuçlarını yansıtmaktadır. Birim ve zaman etkilerinin varlığına ilişkin yürütülen tüm testler sonucunda temel hipotezler reddedilmiş ve tüm etkilerin anlamlı olduğu görülmüştür. Buradan hareketle çok boyutlu panel çekim modelinin her iki birim ve zaman etkilerinin dahil edilerek tahmin edilmesine karar verilmiştir.

LR testlerinin ardından model, anlamlı etkiler dahil edilerek PPML tahmincisi ile tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4'te yer alan tahmin sonuçlarına göre, göç alan ülkelerdeki kişi başına GSYH ve göç veren ülkelerdeki fiyat endeksi değişkenlerinin göç hareketleri üzerindeki etkisi sırası ile negatif ve pozitif olarak tespit edilmiştir. Ancak kaynak ülkelerdeki GSYH ve işsizlik oranı değişkenlerine ilişkin parametrenin istatistiki olarak anlamsız olduğu tespit edilmiştir. Dolayısı ile ele alınan dönem ve ülkeler kapsamında gelir ve işsizlik oranındaki değişmelerin göç hareketleri üzerinde öncelikli olarak etkili olmayabileceği görülmüştür. Kaynak ülkelerde gerçekleşen terör olaylarının göç hareketleri üzerindeki etkisinin pozitif ve istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Tahmin sonuçları ortak dil değişkeni ile göç hareketleri arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişki bulunmadığını; göç hareketlerinin ortak sınır değişkeninden ise pozitif ve istatistiki olarak anlamlı şekilde etkilendiğini göstermiştir. Elde edilen bulgular ekonomik faktörler açısından Karemera vd. (2010), Fitzgerald vd. (2014), Carril – Caccia vd. (2021) ve Mayda (2022); terör olayları açısından Naudé (2010) ve Carril – Caccia vd. (2021); mesafe, ortak dil ve ortak sınır değişkenleri açısından Lewer ve Berg (2008), Karemera vd. (2010) ve Mayda (2022) ile örtüşmektedir.

Tablo 4. PPML Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı	Robust St. Hata	Olasılık Değeri
lgdpd	-0.772***	0.230	0.001
lgdpo	0.102	0.172	0.554
lunemp	-0.030	0.052	0.562
deflator	0.001**	0.000	0.014
lterror	0.013*	0.008	0.099
ldistance	-0.224	0.115	0.052
border	1.408***	0.179	0.000
lang	0.087	0.252	0.731
Sabit	21.550***	2.152	0.000
Pseudo R <sup>2</sup> =	0.8411	Wald chi2(8) = 303.15*** (0.000)	

Not: \*\*\*, \*\* ve \*, sırasıyla %1, %5 ve %10 önem seviyesinde istatistiki anlamlılığı ifade etmektedir.

## Sonuç

Neo – Klasik göç teorisi, göç kararının temel belirleyicisinin ekonomik faktörler olduğu hipotezine dayanmakta ve rasyonel insan ön kabulü ile sosyal olguların değişken olabileceğini, statik analizlerin ise her şart ve koşulda geçerli olmayabileceğini göz ardı etmektedir. Bununla birlikte bireysel dürtüler, modern çağın getirdiği ekonomik, sosyal ve teknolojik gelişmeler, politik baskılar, fiziksel ve psikolojik saldırılar göç kararının ortaya çıkmasına yol açabilmekte ve bu karar gerek göç veren gerekse de göç alan toplumlar açısından çeşitli politik, ekonomik ve sosyal sonuçlar doğurabilmektedir.

Göçün belirleyicilerini incelemeye yönelik geliştirilen bu çalışmada, göç teorilerinin temelini oluşturan insanların ekonomik kaygılarla göç kararı verdiği hipotezinin günümüzde hala geçerliliğini koruyup korumadığı test edilmeye çalışılmış, ayrıca özellikle içinde bulunduğumuz dönemde artan terör olaylarının göç kararında etkili olup olmadığı sorusuna yanıt aranmıştır. Dünyada en çok göç alan 20 ülke kapsamında geliştirilen çalışmada her bir göç alan ülkeye en çok göç veren ülkelerden gerçekleşen göç hareketleri 1995 – 2020 dönemi beş yıllık verileri kullanılarak çok boyutlu panel çekim modeli yaklaşımı ile incelenmiştir.

Ampirik analiz sonucunda elde edilen bulgular, beklentilere uygun şekilde ülkeler arasındaki mesafe ve ortak sınır değişkenlerinin göç hareketlerini sırasıyla negatif ve pozitif yönde etkilediğini göstermiştir. Diğer taraftan göç veren ülkelerin GSYH ve işsizlik oranı değerlerinin etkisinin istatistiki olarak anlamsız olduğu, göç alan ülkelerin GSYH değerlerinin göç hareketlerini negatif yönde etkilediği, göç veren ülkelerdeki fiyat seviyesinin göç hareketlerini pozitif yönde etkilediği ancak bu etkinin katsayı itibarıyla oldukça düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ekonomik faktörler açısından elde edilen bu sonuçlar büyük ölçüde Neo – Klasik ekol ekseninde geliştirilen, göçün temel belirleyicisinin ekonomik faktörler olduğu hipotezinin en azından analize tabi tutulan dönem ve ülkeler için geçerli olmadığına işaret etmekte ve göç kararının ekonomik faktörlerden ziyade güvenlik, özgürlük, siyasi istikrar, eğitim olanakları gibi sosyal faktörler tarafından belirlendiği fikrini uyandırmaktadır. Göç veren ülkelerde gerçekleşen terör olaylarının göç hareketleri üzerindeki etkisinin pozitif yönde olduğunun tespit edilmesi de bu önermeyi destekler niteliktedir. Bununla birlikte terörizm devlet dışı bir aktörün, siyasi, ekonomik, dini veya sosyal bir amaca ulaşmak için kişide veya toplumda korku yaratarak şiddet kullanımı veya tehdidi olarak tanımlanmaktadır (Mohamed vd., 2019). Resmi otoriteler tarafından o ülkenin yasal sınırları dahilinde uygulanan şiddet eylemleri terör kapsamında değerlendirilmediğinden söz konusu eylemlerin göç hareketleri üzerindeki etkisi bu çalışmada incelenmemiştir. Dolayısı ile kamusal otorite tarafından bireylere yöneltilen şiddet eylemlerinin de göz önünde bulundurulabilmesi halinde daha kesin ve güçlü sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkısı:** Çalışma Konsepti/Tasarımı: B.T., M.E.; Veri Toplama: B.T., M.E.; Veri Analizi /Yorumlama: B.T.; Yazı Taslağı: M.E.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: B.T., M.E.; Son Onay ve Sorumluluk B.T., M.E

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar finansal destek beyan etmemişlerdir.

**Peer Review:** Externally peer-reviewed

**Author Contributions:** Conception/Design of study: B.T., M.E.; Data Acquisition: B.T., M.E.; Data Analysis/Interpretation: B.T.; Drafting Manuscript: M.E.; Critical Revision of Manuscript: B.T., M.E.; Final Approval and Accountability: B.T., M.E.

**Conflict of Interest:** The authors have no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The authors declared that this study has received no financial support.

#### ORCID:

Bengü TOSUN 0000-0002-5969-4612  
Murat EREN 0000-0002-3855-5429

#### KAYNAKLAR / REFERENCES

- Bijak, J., Kupiszewski, M., & Kicing, A. (2004). *International migration scenarios for 27 European countries* (Central European Forum For Migration Research Working Paper No. 4/2004). [Çevrimiçi kaynak] [http://www.cefmr.pan.pl/docs/cefmr\\_wp\\_2004-04.pdf](http://www.cefmr.pan.pl/docs/cefmr_wp_2004-04.pdf) [Erişim tarihi: 03 Ocak 2023].
- Birleşmiş Milletler (2020). *International Migrant Stock 2020* Department of Economic and Social Affairs. [Çevrimiçi kaynak] <https://www.un.org/development/desa/pd/content/international-migrant-stock> [Erişim tarihi: 25 Aralık 2022].
- Birleşmiş Milletler (2022). *Global Trends: Forced Displacement in 2021*. [Çevrimiçi kaynak] <https://www.unhcr.org/62a9d1494/global-trends-report-2021> [Erişim tarihi: 04 Ocak 2023].
- Carril-Caccia, F. Paniagua, J., Requena, F. (2021). Asylum migration, borders, and terrorism in a structural gravity model. *Politics and Governance*, 9(4), 146-158.
- CEPII (2022). CEPII Gravity Database. [Çevrimiçi kaynak] <http://www.cepii.fr> [Erişim tarihi: 20 Aralık 2022].
- Crawford, T. J. (1973). Beliefs about birth control: A consistency theory analysis. *Representative Research in Social Psychology*, 4(1), 53-65.
- Dünya Bankası (2022). *Dünya Kalkınma Göstergeleri*. [Çevrimiçi kaynak] <https://datbank.worldbank.org/source/world-development-indicators> [Erişim tarihi: 20 Aralık 2022].
- Fitzgerald, J., Leblang, D., & Teets, J. C. (2014). Defying the law of gravity: The political economy of international migration. *World Politics*, 66(3), 406-445.
- Gygli, S., Haelg, F., Potrafke, N., & Sturm, J.-E. (2019). The KOF Globalisation Index – revisited. *The Review of International Organizations*, 14(3), 543-574.
- Hagen-Zanker, J. (2008). *Why do people migrate? A review of the theoretical literature* (Maastricht Graduate School of Governance Working Paper No. 2008/WP002). [Çevrimiçi kaynak] [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1105657](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1105657) [Erişim tarihi: 03 Ocak 2023].
- Harris, J. R., & Todaro, M. P. (1970). Migration, Unemployment and Development: A Two-Sector Analysis. *The American Economic Review*, 60(1), 126-142.
- Irani, F., & Noruzi, M. R. (2011). Globalization and Challenges; What are the globalization's contemporary issues. *International Journal of Humanities and Social Science*, 1(6), 216-218.
- Karemera, D., Oguledo, V. I., & Davis, B. (2000). A gravity model analysis of international migration to North America. *Applied economics*, 32(13), 1745-1755.
- Kikkawa, A., Gaspar, R. E., & Park, C. Y. (2019). *International Migration in Asia and the Pacific-Determinants and Role of Economic Integration* (Asian Development Bank Economics Working Paper Series No. 592). [Çevrimiçi kaynak] [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3590229](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3590229) [Erişim tarihi: 05 Ocak 2023].
- Kritz, Mary M. and Hania Zlotnik (1992). *Global Interactions: Migration systems, processes, and policies*. Mary M. Kritz, Lin Lean Lim and Hania Zlotnik (Ed.) International Migration Systems: A Global Approach. Oxford: Clarendon Press.
- International Migration Systems: A Global Approach. Oxford: Clarendon Press Kwilinski, A., Lyulyov, O., Pimonenko, T., Dzwigol, H., Abazov, R., & Pudryk, D. (2022). International migration drivers: Economic, environmental, social, and political effects. *Sustainability*, 14(11), 6413.
- Lee, E. S. (1966). A theory of migration. *Demography*, 3, 47-57.
- Lewer, J. J., & Van den Berg, H. (2008). A gravity model of immigration. *Economics letters*, 99(1), 164-167.
- Lewis, W. A. (1954). Economic development with unlimited supplies of labour. *The Manchester School*, 22(2), 139-191.

- Mayda, A. M. (2022). *International migration: A panel data analysis of the determinants of bilateral flows*. Global Labour in Distress, Volume I: Globalization, Technology and Labour Resilience. Cham: Springer International Publishing, 33-65.
- McAuliffe, M., & Triandafyllidou, A. (2021). *World Migration Report 2022*. Geneva: International Organization for Migration
- Mohamed, H., Jebli, M. B., & Youssef, S. B. (2019). Renewable and fossil energy, terrorism, economic growth, and trade: Evidence from France. *Renewable energy*, 139, 459-467.
- Naudé, W. (2010). The determinants of migration from Sub-Saharan African countries. *Journal of African Economies*, 19(3), 330-356.
- Piore, M. J. (1979). *Birds of passage: Migrant labor and industrial societies* (Vol. 10). Cambridge: Cambridge University Press.
- Ranis, G., & Fei, J. C. (1961). A theory of economic development. *The American Economic Review*, 51(4), 533-565.
- Ravenstein, E. G. (1885). The laws of migration. *Journal of the Statistical Society of London*, 48(2), 167-235.
- Silva, J. S., & Tenreyro, S. (2006). The log of gravity. *The Review of Economics and Statistics*, 88(4), 641-658.
- Sironi, A., Bauloz, C., & Emmanuel, M. (2019). *Glossary on migration*. Geneva: International Organization for Migration.
- START (2022). The Global Terrorism Database (GTD). National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism (START). [Çevrimiçi kaynak] <https://www.start.umd.edu/gtd> [Erişim tarihi: 22 Aralık 2022].
- Tinbergen, J. (1962). *An Analysis of World Trade Flows*. J. Tinbergen (Ed.), *Shaping the world economy; suggestions for an international economic policy*. New York: The Twentieth Century Fund, 262-293.
- Wallerstein, I. (1974). *The Modern World-System I- Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the Sixteenth Century, With a New Prologue*. New York: Academic Press.
- Westerlund, J., & Wilhelmsson, F. (2011). Estimating the gravity model without gravity using panel data. *Applied Economics*, 43(6), 641-649.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2016). *Panel Veri Ekonometrisi Stata Uygulamalı*, 3. Baskı. İstanbul: Beta Basım Yayım.
- Zelinsky, W. (1971). The hypothesis of the mobility transition. *Geographical review*, 61(2), 219-249.
- Zolberg, A. R. (1981). 1: International Migrations in Political Perspective. *International Migration Review*, 15(1\_suppl), 3-27

#### How cite this article / Atıf Biçimi

Tosun, B., & Eren, M. (2024). The determinants of international migration in the context of terrorist attacks: A panel data analysis. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 110–120. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1383347>



## Ar-Ge Harcamaları, Toplam Faktör Verimliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Üzerine Bir Ampirik Analiz\*

### An Empirical Analysis of the Relationship between Research and Development Expenditures, Total Factor Productivity, and Economic Growth in Turkey

Hamza Çeştepe<sup>1</sup> , Sezin Şıklı<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>(Prof. Dr.), Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Zonguldak, Türkiye

<sup>2</sup>(Doktora Öğrencisi), Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Zonguldak, Türkiye

\* Birinci yazarın danışmanlığında ikinci yazar tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinden üretilen bu çalışma, 14. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresinde özet bildiri olarak sunulmuştur.

**ÖZ**  
İktisadi büyümenin kaynakları ve etkileriyle birlikte, çeşitli makroekonomik büyüklüklerle ilişkisi de geçmişten günümüze birçok çalışmaya konu olmuştur. Bu çalışmada Ar-Ge harcamaları, toplam faktör verimliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, Türkiye örneğinde ampirik olarak araştırılmıştır. Bu amaçla, Türkiye'nin 1990-2019 dönemi verileri ve Granger nedensellik analizi yöntemi kullanılmıştır. Yapılan analiz neticesinde, Ar-Ge harcamaları ile büyüme ve Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliği arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu ilişkilerin yönünün ise Ar-Ge harcamalarından büyümeye ve Ar-Ge harcamalarından toplam faktör verimliliğine doğru olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda, Türkiye'nin Ar-Ge'ye önem veren ve Ar-Ge harcamalarını arttırıcı yönde politikalara ağırlık vermesi gerekmektedir. Bunun yanında, toplam faktör verimliliğindeki artışların da büyümeyi olumlu yönde etkilediği göz önüne alındığında, politika yapıcılar Ar-Ge yatırımlarıyla birlikte kaynak verimliliğini arttırıcı politikaları da bizzat uygulamaya geçirmeli ve vergi kolaylıkları, finansal ve teknik desteklerle özel sektörü bu konularda teşvik etmelidir.

#### ABSTRACT

Many studies have been conducted on the sources and effects of economic growth and its relationship with various macroeconomic variables. In this study, the relationship between research and development (R&D) expenditures, total factor productivity, and economic growth has been empirically investigated in the case of Turkey. Turkey's 1990–2019 period data and the Granger causality analysis method were used for this purpose. The analysis discovered a one-way causality relationship between R&D expenditures and growth as well as between R&D expenditures and total factor productivity. In this context, Turkey should focus on policies that prioritize R&D and increase R&D expenditures. Furthermore, given that increases in total factor productivity boost growth, policymakers should implement policies that increase resource efficiency and R&D, and encourage the private sector to invest in these areas through tax breaks, financial incentives, and technical assistance.

**Anahtar Kelimeler:** Ar-Ge Harcamaları, Toplam Faktör Verimliliği, Ekonomik Büyüme, Granger Nedensellik Analizi

**Keywords:** Research and Development Expenditures, Total Factor Productivity, Economic Growth, Granger Causality Analysis

#### EXTENDED SUMMARY

When economic growth is sustained, it improves the welfare of the country's citizens by increasing per capita income. As a result, the sources of growth or factors that increase growth have been a topic of interest from the past to the present. Along with an increase in production factors, technological development is one of the most important sources of growth. Some indicators influence technological development. These indicators also include total factor productivity and R&D expenditures.

Total factor productivity, defined as the increase in productivity across all production factors, is the primary source of long-term growth. In order to achieve development by ensuring stable growth, firms must increase resource efficiency by investing in

**Corresponding Author:** Hamza Çeştepe E-mail: cestepe@gmail.com

Submitted: 06.10.2023 • Revision Requested: 13.11.2023 • Last Revision Received: 14.11.2023 • Accepted: 14.11.2023



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

technology, particularly in developing countries. Technology is discovered and developed in the economy due to R&D activities. R&D activities are regarded as the foundation for the production and dissemination of new information; technological advances obtained in this manner also positively impact economic growth by increasing the efficiency of production factors and lowering production costs. Indeed, because R&D activities incur costs, spending is required to cover these costs. The ratio to gross national product of this size, technically expressed as “R&D expenditures,” is regarded as one of the most important indicators of countries’ importance on science and technology today.

In the literature, the number of studies on Turkey, particularly in recent years, on the relationship between total factor productivity, R&D investments, and growth has been increasing. However, studies on the relationship of these two factors with growth have been conducted separately. The effect of R&D expenditures and total factor productivity, which are two interrelated concepts on economic growth, has never been studied. In this context, this study aims to fill this gap in the literature by empirically revealing the relationship between these three variables in the Turkish example.

The Granger causality method is used in the study to test the effect of R&D expenditures and total factor productivity on growth using annual data from 1990 to 2019. The improved Augmented Dickey–Fuller (ADF) unit root test assesses its stationarity. The vector autoregressive model is established after performing other necessary tests, such as autocorrelation, stability, and heteroskedasticity tests. Moreover, the existence and direction of the causality relationship between the variables are investigated using the Granger causality test.

According to the Granger causality test, the prediction results for the three models are examined separately. The relationship between R&D expenditures, growth, and total factor productivity with other variables as dependent variables is analyzed, respectively. The following analysis results were obtained regarding the direction of the relationship between R&D expenditures, growth, and total factor productivity: R&D expenditures and growth have a unidirectional causality relationship. The direction of this causality relationship is from R&D expenditures to growth. In this context, the study findings are comparable to those of Altın and Kaya (2009), Korkmaz (2010), Genç and Atasoy (2010), as well as Duman and Aydın (2018). Meanwhile, R&D expenditures and total factor productivity have a unidirectional causality relationship. The direction of this relationship is from R&D expenditures to total factor productivity. This result is consistent with the results of Guellec and van Pottelsberghe de la Potterie (2001), Voutsinas and Tsamadias (2014), as well as Aydın and Yalçınkaya (2016). There is no evidence of a causal relationship between total factor productivity and growth. This result is consistent with the studies by Aksu (2017) as well as Bozkurt and Toktaş (2018).

This study’s results reveal that R&D expenditures increased growth in Turkey during the period examined. Similarly, R&D expenditures positively affected the total factor productivity. In this context, it can be inferred that Turkey’s increase in R&D expenditures during the specified period had a positive impact on growth and total factor productivity.

Today, R&D studies are one of the most important tools for countries to gain a competitive advantage. The primary requirement for conducting R&D studies is the availability of the necessary financial resources. Another critical issue is the training of qualified personnel in this field. Therefore, social awareness about the importance of producing and developing technology should be raised and well-equipped personnel in the field of R&D should be trained. Subsequently, the necessary resources should be allocated for R&D, with increasing the amount of this resource from year to year becoming one of the primary goals. In this context, although it is encouraging that Turkey’s R&D expenditures as a percentage of gross domestic product have recently increased above 1%, it is still quite low compared to developed countries. To increase this share even further, the government should try to provide the necessary resources and incentives and regulations so that the private sector can participate in R&D activities more effectively.

## Giriş

18. yy’da İngiltere’de ortaya çıkan ve daha sonra tüm dünyaya yayılan Birinci Sanayi Devrimi, birçok değişimi beraberinde getirmiştir. Devrim, ilk olarak ekonomilerde üretim düzeyini ve biçimlerini değiştirmiş, ardından toplumların sosyoekonomik ve kültürel yapılarına etki etmiştir. Söz konusu süreçle birlikte, üretim eskisine göre çok daha hızlı ve verimli bir hale gelmiştir. Bu durumu sağlayan faktör ise teknolojik gelişmelerdir. Bu bağlamda “herhangi bir şey üretebilmek için gerekli olan bilgi” şeklinde tanımlanabilen teknoloji, zamanla ülkelerin ekonomik gücünü ortaya koyan temel göstergelerden biri haline dönüşmüştür.

Emek, sermaye, doğal kaynaklar ve girişimci şeklinde sıralanan ve büyümenin kaynakları olarak kabul edilen klasik üretim faktörlerine, daha sonra teknoloji de eklenmiştir. 1980’li yıllarda geliştirilen içsel büyüme teorilerine kadar ekonomik büyüme için dışsal bir faktör olarak kabul edilen teknoloji, adı geçen teorilerle birlikte büyümeye etki eden içsel bir faktör olarak görülmeye başlanmıştır. Diğer üretim faktörlerinde olduğu gibi, somut göstergelerle ölçümü her zaman mümkün olmayan teknolojinin üretim anlamında temel göstergesi verimliliktir. Belli bir ürünü aynı kaynaklarla yada aynı kaynaklarla daha fazla ürün elde edilmesi de verimliliğin arttığının göstergesidir. Tüm üretim faktörlerindeki verimlilik artışını ifade eden toplam faktör verimliliği refahın ve uzun vadeli büyümenin kaynağıdır (Kamacı, Ceyhan ve Peçe, 2019, s. 23)

Ekonomide teknolojinin ortaya çıkarılması ve geliştirilmesi, araştırma-geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri sonucunda olmaktadır. Ar-Ge faaliyetleri yeni bilgilerin üretilmesi ve yayılmasına temel oluşturmakta, bu şekilde elde edilen teknolojik gelişmeler de üretim

faktörlerinin verimliliğini artırıp üretim maliyetlerini düşürerek ekonomilerin büyümesini olumlu yönde etkilemektedir. Dolayısıyla Ar-Ge faaliyetleri, sürdürülebilir ekonomik büyümenin temel kaynaklarından biri olarak ekonomilerin rekabet güçlerini artırmakta ve ülkelerin sosyoekonomik gelişimine katkı sağlamaktadır. Tabii, Ar-Ge faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi birtakım maliyetlere yol açtığı için, bu maliyetlerin karşılanması harcama yapmayı gerektirmektedir. Teknik olarak “Ar-Ge harcamaları” olarak ifade edilen bu büyüklüğün GSMH’ya oranı, günümüzde ülkelerin bilim ve teknolojiye verdiği önemin de en önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Literatürde ekonomik büyümeyle etki eden faktörlerden ikisi olarak toplam faktör verimliliği ve Ar-Ge harcamalarının büyümeyle ilişkisi konusunda, Türkiye üzerine özellikle son dönemlerde yapılan çalışmaların sayısında artış görülmektedir. Ancak, yapılan çalışmalar söz konusu iki büyüklüğün ayrı ayrı büyümeyle ilişkisi üzerinedir. Birbiriyle ilişkili kavramlar olarak Ar-Ge harcamaları ve toplam faktör verimliliğinin ekonomik büyüme üzerine etkisi konusunda bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı bu üç değişken arasındaki ilişkiyi Türkiye örneğinde ampirik olarak ortaya koyarak literatürdeki bu eksikliği gidermektir.

Çalışmada, Ar-Ge harcamaları ve toplam faktör verimliliğinin büyüme üzerindeki etkisi, Türkiye’nin 1990-2019 dönemi yıllık verileri kullanılarak ampirik olarak araştırılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişki, Granger nedensellik yöntemiyle test edilmiştir. Ampirik analizde durağanlığın sınanması için, Geliştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi kullanılmıştır. Gerekli bazı testler yapıldıktan sonra VAR modeli kurularak, Granger nedensellik testiyle değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin varlığı ve yönü araştırılmıştır.

Çalışma giriş ve sonuç dışında üç bölüme ayrılmıştır. İlk bölümde Ar-Ge harcamaları, toplam faktör verimliliği ve ekonomik büyüme ilişkisi teorik olarak ortaya konulmuştur. Sonraki bölümde konuyla ilgili ampirik literatür hakkında bilgi verilmiştir. Son bölüm ise ampirik testlerin yapıldığı ve sonuçlarının değerlendirildiği ampirik analiz bölümüdür.

### **Kavramsal Çerçeve**

Ekonomilerin temel makroekonomik amaçlarının başında gelen ekonomik büyüme iki yolla ortaya çıkmaktadır. Birinci yolda büyüme, mevcut kaynaklara başka kaynakların ilavesi sayesinde üretimin artırılması şeklinde gerçekleşirken, ikinci yol ise tam istihdam koşullarında üretim faktörlerinin verimliliğini artırmaktır (Taban, 2018, s. 3). Birinci yol ülkeleri kısa vadede kaynak tedarikini zorunlu kılarken, ikinci yol uzun vadede bilgi ve teknoloji üretimini ve/veya kullanımını gerektirmektedir. Bilgi ve teknoloji üretimi ise Ar-Ge faaliyetlerine, Ar-Ge faaliyetleri ise Ar-Ge harcamalarına dayanmaktadır.

Ar-Ge harcamaları büyüme üzerinde olumlu ve kalıcı etkiye sahiptir (Freimane ve Balina, 2016, s. 5). Bir ekonomide büyüme ve Ar-Ge yatırımları arasındaki ilişki uzun dönemi vurgulamaktadır (Blanco ve Prieger, 2016, s. 931). Araştırma ve geliştirme uzun dönemde hem kamu çıktısı, hem de toplam faktör verimliliği üzerinde büyük etkiye sahiptir (Blanco ve Prieger, 2016, s. 913). Uzun vadede yenilik girişimine yönelik çalışmalar ve Ar-Ge çabalarıyla desteklenen teknolojik ilerlemeler ülkelerin refah seviyelerini ve verimlilik düzeylerini yükseltmektedir. Böylelikle ülkelerin büyümeleri gerçekleşmektedir (Güneş, 2019, s. 160). Dolayısıyla, iktisadi büyümede kişi başına GSYİH ya da verimlilik artış oranındaki uzun vadeli eğilimler göz önünde bulundurulmaktadır. Yüksek verimlilik düzeyine sahip olmayan bir ülke için büyüme taklit sürecini ve var olan bilginin aktarımını yansıtacaktır. Yüksek verimlilik düzeyine sahip lider ülkenin büyüme oranı ise, bilginin sınırındaki büyümenin bazı göstergelerini vermektedir (Romer, 1986, s. 1008).

Ar-Ge faaliyetleri sonucunda oluşan teknolojik gelişme verimlilikle ilişkili olduğu gibi, aynı zamanda teknolojik ilerlemeler verimliliği yükseltmektedir. Dolayısıyla, verimlilikteki iyileşmelerin belirleyicisi teknolojik gelişmelerdir (Taban, 2018, s. 38). Belirli bir ürünü daha az kaynakla ya da belirli kaynakla daha fazla ürün elde edilmesine imkan sağlayan yeni bir alet, makine yada üretim tekniği olarak ifade edilebilen teknolojik gelişmenin önemli göstergelerinden biri verimlilik artışıdır. Teknolojik gelişmeler de büyük ölçüde Ar-Ge faaliyetlerine dayanmaktadır.

Ekonomik büyüme süreci, eğitim ve teknoloji alanındaki gelişmelerden etkilenmektedir. Ekonomiler belli alanlara yatırım yaparak, o alanlarda öğrenme düzeyini arttırarak üretim maliyetlerini azaltmakta, verimliliklerini yükseltmektedirler. Yatırım yapılan eğitim ve teknoloji alanları sayesinde beşeri sermaye oluşmakta, yani öğrenme ile merak anlayışının hakim olduğu beşeri sermaye ağırlıklı alanların meydana gelmesiyle Ar-Ge faaliyetleri önem kazanmaktadır. Ülkeler ekonomik büyümeyi gerçekleştirebilmek için birtakım aktif politikalar izlemektedir. Ar-Ge çalışmalarına önem vermek ve bu çalışmalara yönelik girişimler bu politikalar arasında yer almaktadır. Ar-Ge faaliyetleri etkin ürünler ve yeni üretim metotlarını ekonomiye sunmakta, geliştirmekte ve verimliliği yükseltmekte; dolayısıyla büyümeyi sağlamaktadır (Berber, 2019, s. 196-197).

### **Ampirik Literatür İncelemesi**

Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisini ortaya koyan, hem Türkçe kaynaklı hem de yabancı kaynaklı çalışmalara literatürde sıkça yer verilmektedir. Benzer şekilde, toplam faktör verimliliği ve büyüme ilişkisini açıklayan çalışmalara da literatürde

sıklıkla rastlanmaktadır. Buna karşılık, literatürde Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkiyi analiz eden ve Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliğinin büyüme üzerindeki etkisini inceleyen fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu bölümde, öncelikle Ar-Ge harcamaları ile büyüme ve toplam faktör verimliliği ile büyüme ilişkisini inceleyen çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir. Ardından, Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar ele alınmaktadır. Son olarak ise Ar-Ge harcamaları, toplam faktör verimliliği ve büyüme ilişkisini ortaya koyan çalışmalar ortaya konulmaktadır.

Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen en eski ve önemli çalışmalardan biri olan Sylwester (2001)'in çalışmasında, iki büyüklük arasındaki ilişki 20 OECD ülkesi için çok değişkenli regresyon modeliyle analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, test edilen bu iki değişken arasında güçlü bir ilişki tespit edilememiştir. Bununla birlikte, sadece G-7 ülkeleri dikkate alındığında sanayi Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasında güçlü bir ilişki tespit edilmiştir.

Yabancı literatürdeki önemli çalışmalardan bir diğeri Falk (2007)'in çalışmasında, 1970-2004 yılları arasında OECD ülkeleri için panel verileriyle dinamik bir ampirik büyüme analizi tahmin edilmektedir. Çalışmada içselliği kontrol etmek amacıyla GMM tahmin yöntemiyle çalışılmıştır. Ampirik sonuçlar, uzun vadede ticari işletmelerin Ar-Ge harcamalarının ve yüksek teknoloji için yapılan Ar-Ge yatırımlarındaki artışın, gerek kişi başına GSYH gerekse işçi başına GSYH üzerinde güçlü bir pozitif etkiye sahip olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bunun yanında, Peng (2010)'in Çin üzerine, Szarowská (2017)'nin seçilmiş 20 AB üyesi ülke üzerine ve Soete, Verspagen ve Ziesemer (2019)'in Hollanda üzerine yaptığı çalışmalarda da, Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyi olumlu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen yerli literatürdeki çalışmalar incelendiğinde ise, bu bağlamda ilk çalışmalardan biri olan Korkmaz (2010)'in çalışmasında, 1990-2008 döneminde Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi Johansen eşbütünlük yöntemiyle analiz edilmiştir. Araştırma sonuçları, her iki değişken arasında eşbütünlük ilişkisinin var olduğunu ve bu iki değişkenin uzun dönemde karşılıklı birbirlerini etkilediklerini ortaya koymuştur.

Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi, 1990-2014 yılları arasında Türkiye ekonomisi için inceleyen Tari ve Alabaş (2017) ise, ARDL modelini kullanarak analizini gerçekleştirmiştir. Ulaşılan analiz sonuçları, hem kısa hem de uzun dönemde Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği yönündedir. Bu doğrultuda Türkiye ekonomisi için Ar-Ge harcamalarını sistematik olarak arttırmak, uzun vadede sürdürülebilirliği sağlamak için önemlidir. Duman ve Aydın (2018), Dereli ve Salgar (2019) ile Konat (2021)'in çalışmalarında da, söz konusu iki büyüklük arasında ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, çalışmaların çoğunluğunda Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasında ilişki olduğu ve Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşıldığı görülmektedir.

Toplam faktör verimliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Türkiye örneğinde inceleyen ampirik çalışmaların başlangıcı ise, 2000'li yılların ortalarına rastlamaktadır. Bu çalışmalardan biri Adak (2009)'un çalışmasıdır. Çalışmada en küçük kareler yöntemi regresyon modeliyle iki değişken arasındaki nedensellik ilişkisini araştıran Adak (2009), 1987-2007 dönemi için değişkenler arasında doğrusal ilişki olduğunu tespit etmiştir. Açıkgöz ve Karpat Çatalbaş (2010) tarafından yapılan çalışmada ise, Türkiye'nin 1986-2006 arasındaki verileri kullanılarak parametrik olmayan regresyon analiziyle büyümenin kaynakları ve büyüme-toplam faktör verimliliği ilişkisi incelenmiştir. Yapılan araştırmaya göre, sermaye birikimi 1980 öncesi dönemde büyümenin kaynağıyken, 1980 sonrası dönemde ise 1991-1995 yılları hariç TFV büyümenin kaynağı olarak görülmektedir. Işık (2016), Alakbarov, Gündüz ve Erkan (2018) ile Hark ve Gökdemir (2023)'in çalışmalarında da Türkiye'de toplam faktör verimliliği ile ekonomik büyüme arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.

Söz konusu iki değişken arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda olduğu gibi, çalışmaların çoğunluğunda Türkiye'de toplam faktör verimliliği ile ekonomik büyüme arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. Hatta bu bağlamda, Türkiye'de toplam faktör verimliliği ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda oran çok daha fazladır.

Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkiyi ve Ar-Ge harcamaları, toplam faktör verimliliği ve büyüme ilişkisini inceleyen çalışmalar ise daha önce belirtildiği gibi az sayıdadır. Bu çalışmalar şu şekilde özetlenebilir:

Lichtenberg (1991), Ar-Ge ve verimlilik arasındaki ilişkiyi ABD örneğinde 1972-1985 dönemi için incelemiştir. Verimlilik analizi için, en kapsamlı ve sağlam uzun vadeli mikro verileri kullanmıştır. Elde edilen araştırma sonuçlarına göre, büyük firmaların kendi araştırmalarını finanse etmek için koşullarının daha elverişli olduğu bulunmuştur. Aynı zamanda, özel şirketler tarafından finanse edilen Ar-Ge (ancak toplam Ar-Ge hariç) getirisinin firma büyüklüğünün artan bir fonksiyonu olduğu tespit edilmiştir.

Ar-Ge ve verimlilik artışları üzerine yapılan bazı çalışmalar Ar-Ge yatırımlarının çıktı büyümesi üzerinde olumlu etkisi olduğu üzerinedir. Bunlardan Verspagen (1995), çalışmasında Ar-Ge'nin verimlilik artışlarındaki rolünü 1973-1988 dönemi için araştırmıştır. Yaptığı çalışmayla Ar-Ge ve çıktı büyümesi arasındaki ilişkide ülkeler ve sektörler arası farklılıklara ilişkin geniş bir genel

bakış sağlamayı amaçlamıştır. 11 ülke ve üç farklı sektörün alındığı çalışmada sektörler yüksek, orta ve düşük teknoloji sektörleri olarak üçe ayrılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, Ar-Ge'nin çıktı üzerindeki etkisinin yalnızca yüksek teknoloji sektörlerinde önemli olduğu bulunmuştur.

Sing ve Trieu (1996), Japonya, Güney Kore ve Tayvan'da Ar-Ge harcamalarının toplam faktör verimliliği büyümesindeki rolünü, her bir ülke için ayrı ayrı temel, uygulamalı ve deneysel araştırma harcamalarına göre araştırmıştır. Regresyon analizi kullanılarak yapılan araştırmaya göre, bu üç ülke için Ar-Ge harcamalarının toplam faktör verimliliği büyümesi üzerinde olumlu etkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çeşitli Ar-Ge türlerinin çok faktörlü verimlilik büyümesi üzerindeki uzun dönem etkisini araştıran Guellac ve Potterie (2001), ekonometrik tahminlerini 1980-1998 döneminde 16 OECD üyesinden oluşan bir panel kullanarak yapmıştır. Elde edilen başlıca sonuçlara göre, özel sektör Ar-Ge'sindeki %1'lik bir artışın, verimlilikte %0,13'lük bir artışa yol açtığı bulunmuştur. Ayrıca, bu etkinin özel sektör Ar-Ge'sinin yoğun olduğu ülkelerde ve savunmayla ilgili devlet finansmanının payının daha düşük olduğu ülkelere daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada 1996-2006 dönemi verileriyle Romanya'daki Ar-Ge yatırımlarının toplam faktör verimliliği üzerindeki etkisine odaklanan Sandu ve Modoran (2008) da, değişkenler arasındaki etkiyi belirlemek için basit bir Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanmıştır. Tahmin sonuçları, özel sektördeki Ar-Ge yatırımının verimliliğe etkisinin kamu sektöründen daha büyük olduğunu göstermiştir.

Voutsinas ve Tsamadias (2014), Ar-Ge sermayesi ve toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkiyi Yunanistan ekonomisi için 1981-2007 dönemi verileriyle incelemek amacıyla, Johansen eş bütünleşme, nedensellik ve vektör hata düzeltme modelini kullanmıştır. Sonuçlar, toplam Ar-Ge sermayesi ile toplam faktör verimliliği arasında uzun dönemli ilişki olduğunu göstermektedir. Ayrıca, kamu Ar-Ge sermayesi ve toplam faktör verimliliği arasında uzun dönemli ilişki tespit edilmiştir. Öte yandan, özel Ar-Ge sermayesi ile toplam faktör verimliliği önemli ölçüde ilişkili değildir. Toplam Ar-Ge sermayesindeki %1 artış toplam faktör verimliliğini %0,038 arttırmaktadır. Kamu Ar-Ge sermayesindeki %1 artış ise toplam faktör verimliliğini %0,075 oranında arttırmaktadır.

Konuyla ilgili Türkiye üzerine yapılan çalışmada Fikri ve Çetin (2015), Ar-Ge sermaye birikimi ile toplam faktör verimliliği arasında eş bütünleşme ilişkisini ARDL sınır testi yöntemini kullanarak incelemiştir. İki değişken arasındaki ilişki, 1990-2013 yılları arasında Ar-Ge sermaye stokunun bileşenleri ayrı ayrı incelenerek araştırılmıştır. İki değişken arasındaki ilişki, yapılan çalışmada doğrudan Ar-Ge etkisi kullanılarak analiz edilmiştir. Bulgulara göre, Ar-Ge sermaye birikimi bileşenlerinin toplam faktör verimliliği üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur. Dolayısıyla, iki değişken arasında istatistiksel açıdan bir ilişki tespit edilememiştir.

Aydın ve Yalçınkaya (2016), 29 OECD üyesi ülkede Ar-Ge yatırımlarının toplam faktör verimliliği üzerindeki etkilerini 1994-2014 dönemi için araştırmıştır. Yeni nesil panel veri yöntemiyle ve ülkeleri iki gruba ayırarak yaptıkları analiz sonucunda, farklı nitelikteki bütün Ar-Ge yatırımlarının TFV üzerindeki etkilerinin her iki ülke grubunda da pozitif olduğunu, bunun yanında, belirtilen pozitif etkilerin büyüklüğünün beklentiye uygun şekilde OECD-1 grubunda daha fazla olduğunu belirlemiştir.

Ar-Ge harcamalarının toplam faktör verimliliği ve teknik verimlilik üzerindeki etkisini 1990-2011 dönemi için araştıran Apokin ve Ipatova (2016), iki benzer ülke grubu aracılığıyla çalışmasını sürdürmüştür. Çalışmada Stokastik Sınır Analizi (SFA) ve Değiştirilmiş Veri Zarflama Analizi (DEA) yöntemleri kullanılarak TFP ayrıştırma tahminleri elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, toplam Ar-Ge harcamalarının beş yılda GSYİH'nin %1'i kadar artmasının, örneklem bazında ortalama TFV büyüme oranını 5,0 ila 7,7 puan artırdığı bulunmuştur. Ayrıca, araştırmacı başına toplam Ar-Ge harcamalarını 1.000 \$ artırmanın, örneğe bağlı olarak beş yıl sonra TFV büyümesini %0,013 ila %0,025 puan artırdığı tespit edilmiştir.

1981-2013 döneminde seçilmiş beş Latin Amerika ülkesi için tarımsal Ar-Ge harcamalarının tarımsal toplam faktör verimliliği üzerindeki etkisini panel birim kök ve panel koentegrasyon testleriyle inceleyen Işık (2018), analiz sonucunda seçilmiş ülkeler için tarım sektöründe Ar-Ge ve toplam faktör verimliliği arasında koentegrasyon ilişkisi tespit etmiştir. Tarımsal Ar-Ge harcamalarının esneklik katsayısı ise 0,58 olarak bulunmuştur.

1972-2016 yıllık verileriyle Pakistan'da toplam faktör verimliliği ve ekonomik büyümenin arkasındaki itici faktörleri inceleyen Saleem, Shahzad, Khan ve Khilji (2019), Cobb-Douglass üretim fonksiyonundan yararlanmışlardır. Çalışmada yapılan analizler sonucunda, genel olarak tüm değişkenler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bunun yanında, Pakistan'da ekonomik büyüme ve üretim düzeyine inovasyonun önemli ölçüde katkıda bulunmakta olduğu sonucuna varılmıştır.

Konuyla ilgili yakın geçmişte yapılan bir çalışma Aydoğan (2022)'in çalışmasıdır. Çalışmada, verimlilik, Ar-Ge harcamaları ve gelir dağılımı eşitsizliğinin ekonomik büyüme üzerine etkisi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için araştırılmıştır. 29 ülkenin 1998-2018 dönemi verileri kullanılarak panel veri analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda, verimlilik ve Ar-Ge harcamaları değişkenlerinin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir.

## Ekonometrik Analiz

Bu bölümde, Türkiye’de Ar-Ge harcamaları ve toplam faktör verimliliğinin büyüme üzerindeki etkisi ekonometrik olarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda önce analizde kullanılacak değişkenler hakkında bilgi verilmiş, daha sonra gerekli testler yapılarak istatistiksel ve ekonomik yorumları yapılmıştır

## Veri Seti ve Yöntem

Çalışmada, 1990-2019 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak Türkiye’de Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliğinin büyüme üzerindeki etkisi incelenmektedir. GSYH’ye oranı olarak alınan Ar-Ge harcamaları verisine OECD’den, büyüme verisine World Bank Data’dan ve toplam faktör verimliliği verisine Penn World Table (PWT)’dan ulaşılmıştır.

Ekonometrik analizde zaman serisi tekniği kullanılmıştır. Durağanlığının sınanması için önce, Geliştirilmiş (Augmented) Dickey-Fuller Testi (ADF) birim kök testi uygulanmıştır. Belirtilen değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için, VAR modeli kurularak Granger nedensellik analizi yapılmıştır.

## Durağanlık Analizi

VAR modelleri kullanılarak analizler yapabilmek için öncelikle serilerin durağan olmaları gerekmektedir. Durağanlık, zaman içinde serilerin ortalamasının ve varyansının sabit olmasını ifade etmektedir (Tari ve Bozkurt, 2011, s. 5). Durağan olmayan zaman serilerinin kullanıldığı modellerde, gerçekte değişkenler arasında bir ilişki olmadığı halde yüksek ilişki varmış gibi görünmekte, başka bir ifadeyle sahte regresyon problemi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, bu tür serilerde geçici şokların etkileri sürekli hale gelecektir. Bu gerekçelerle zaman serileriyle yapılan analizlerde öncelik, serilerin durağan olup olmadığının belirlenmesidir (Demirbaş, Türkay ve Türkoğlu, 2009, s. 294). Zaman serilerinin durağanlığının belirlenmesinde birim kök testi kullanılmaktadır. Burada ekonometrik analizlerde yaygın olarak kullanılan Geliştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) Testi kullanılmıştır. ADF testi sabitli, trendli-sabitli ve trendsiz-sabitsiz olmak üzere üç farklı modele göre durağanlığı test etmektedir. Test sonuçları aşağıdaki Tablo 3.1’de yer almaktadır.

**Tablo 1. ADF Birim Kök Testi**

Değişken	Sabitli	Trendli Sabitli	Trendsiz Sabitsiz
Büyüme	-5.6493 *** (0.0001)	-5.6198 *** (0.0004)	-3.3694 *** (0.0015)
Ar-Ge Harcamaları	1.1478 (0.9969)	-3.5140 * (0.0587)	3.2421 (0.9993)
Toplam Faktör Verimliliği	-2.8848 * (0.0603)	-2.8762 (0.1851)	-0.6990 (0.4052)

Not. \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla % 10, %5 ve % 1 düzeyde serilerin durağan olduklarını göstermektedir. Hücrelerdeki ilk rakamlar test istatistikleri, parantez içindeki rakamlar olasılık değerleridir.

Seri düzeyde; sabitli, trendli-sabitli ve trendsiz-sabitsiz olarak bakılarak yorumlandığında büyüme değerlerinin test istatistikleri ise sabitli, trendli-sabitli ve trendsiz-sabitsiz kısımda %1 düzeyde serilerin kendi seviyesinde durağan oldukları görülmektedir. Ancak, Ar-Ge harcamaları için test istatistik değerlerine baktığımızda sabitli ve trendsiz-sabitsiz kısımda 0.10’dan büyük değerler aldığı görülmektedir ve bu yüzden kendi seviyesinde durağan olmadıkları sonucuna ulaşılmaktadır. Trendli sabitli kısımda ise %10 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu görülmektedir. Toplam faktör verimliliği için test istatistik değerleri ise sabitli kısımda %10 düzeyde serilerin durağan oldukları görülmektedir. Toplam faktör verimliliği test istatistik değerleri trendli-sabitli ve trendsiz-sabitsiz kısımda ise 0.10’dan büyük değerler aldığı görülmektedir ve bu yüzden serilerin durağan olmadıkları sonucuna ulaşılmıştır. Durağan olmayan serilerin 1. derece farkı alınarak durağan hale gelmeleri sağlanmaktadır.

1. Derece fark işlemi uygulandığında ise;

**Tablo 2. 1. Derece Fark İşlemi Uygulandıktan Sonra Yapılan ADF Birim Kök Testi**

Değişken	Sabitli	Trendli-Sabitli	Trendsiz-Sabitsiz
$\Delta$ Ar-Ge Harcamaları	-6.9057 *** (0.0000)	-7.3728 *** (0.0000)	-2.2736 ** (0.0247)
$\Delta$ Toplam Faktör Verimliliği	-6.5195 *** (0.0000)	-6.4011 *** (0.0001)	-6.6065 *** (0.0000)

Not. \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla % 10, % 5 ve % 1 düzeyde serilerin durağan olduklarını göstermektedir. Hücrelerdeki ilk rakamlar test istatistikleri, parantez içindeki rakamlar olasılık değerleridir.

Ar-Ge harcamaları ve toplam faktör verimliliğinin durağan olmadığı sonucu tespit edildikten sonra, serileri durağan hale getirmek için birinci farkında tekrar test edilmiştir. Tablo 2’deki gibi, birinci farkı alındıktan sonra serilerin durağan hale geldiği

görülmüştür. Yani 1. derece fark işlemi uygulanan toplam faktör verimliliği serisinin üç durumda sabitli, trendli-sabitli ve trendsiz-sabitsiz kısımda %1 anlamlılık düzeyinde durağan halde olduğu görülmektedir. 1. derece farkı alınan Ar-Ge harcamalarının sabitli ve trendli-sabitli kısımda %1 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu görülürken, trendsiz-sabitsiz kısımda ise %5 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu görülmektedir.

### Toda-Yamamoto Nedensellik Testi

Çalışmada durağanlık analizinden sonra değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü belirlemek amacıyla Toda-Yamamoto nedensellik testi yapılmıştır. Seriler 1. derece farkı alınarak durağan hale getirilmiştir. Bu nedenle, Toda-Yamamoto prosedürü izlenerek modele maksimum durağanlık düzeyi kadar ilave gecikme eklenmektedir. Bu işlem Granger nedensellik testinden önce uygulanmıştır.

### VAR Modeli İçin Uygun Gecikme Uzunluğu

VAR modeli için uygun gecikme uzunluğunu belirlemek amacıyla, bu kapsamda en çok kullanılan kriterler olan Akaike (AIC), Schwarz (SC) ve Hannan-Quinn (HQ) bilgi kriterlerinden yararlanılmıştır. Ar-Ge harcamaları, büyüme ve toplam faktör verimliliği değişkenleri ile üç değişkenli VAR modelinde bu bilgi kriterlerinin yer aldığı değerler, Tablo 3'de gösterilmektedir.

**Tablo 3.** VAR Modeli İçin Uygun Gecikme Uzunlukları

Gecikme	AIC	SC	HQ
0	1.567993	1.713158	1.609795
1	-3.451727	-2.871067*	-3.284518*
2	-3.444766	-2.428611	-3.152150
3	-3.487701*	-2.036052	-3.069679
4	-3.377834	-1.490689	-2.834405

Not. Akaike (AIC), Schwarz (SC) ve Hannan-Quinn (HQ) kriterleri gecikme uzunluklarını ifade etmektedir.

Adı geçen kriterlerin seçmiş olduğu gecikme uzunluğunun yanında yıldız işareti (\*) bulunmaktadır. Tablo 3'de görüldüğü gibi AIC kriteri gecikme uzunluğunu 3, SC ve HQ kriterleri gecikme uzunluğunu 1 olarak göstermektedir. Bu gecikme uzunluklarından AIC, SC ve HQ kriterlerinin seçilmesiyle gecikme uzunluklarının hata terimlerinin bilinen varsayımlarını sağlaması gerekir. Gecikme uzunluğu AIC'de 3, SC'de ve HQ'da 1 olarak bulunmaktadır. AIC küçük örneklerde tercih edildiği için yapılan çalışmada da gözlem sayısının az olması sebebiyle gecikme uzunluğu 3 olarak belirlenmiştir. Farklı kriterler farklı gecikme uzunluğunu gösterdiğinde, gecikme uzunluğunun hangi kriterle göre belirleneceğine geçmeden önce, bilgi kriterlerinin seçmiş olduğu gecikme uzunluğunda otokorelasyon sorununun olup olmadığı incelenmektedir (Çeştepe ve Gençel 2019, s. 143).

### Otokorelasyon LM Testi

Bir sonraki adım olan gecikme uzunluğunun belirlenmesinin ardından, bilgi kriterlerinin seçmiş olduğu gecikme uzunluklarında otokorelasyon sorununun olup olmadığı test edilmiştir. Bu analizin yapılmasının nedeni ise, otokorelasyon sorununun olduğu gecikme uzunluğunun tercih edilmemesidir. Seçilen uzunluğun ardından analizde otokorelasyon sorununun olup olmadığını tespit edebilmek için LM testi uygulanmıştır. LM testi sonuçları da Tablo 4'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Otokorelasyon LM Testi

Gecikme	LM İstatistik	Olasılık
1	5.496362	0.7891
2	8.062309	0.5279
3	4.951542	0.8385

Not. %10 anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir.

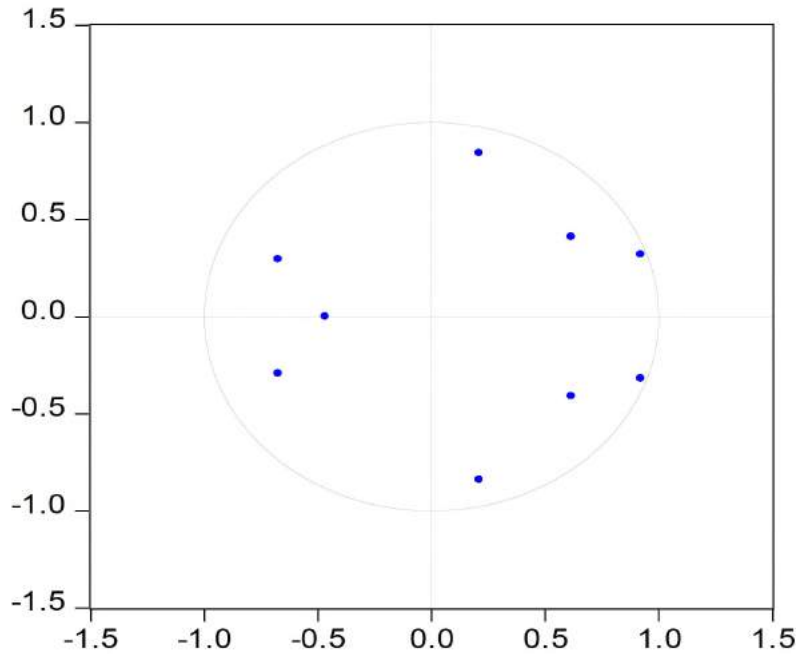
- $H_0 = P_1 = P_2 = \dots = P_4 = 0 \rightarrow$  Otokorelasyon Yok
- $H_a \neq P_1 \neq P_2 \neq \dots = P_4 \neq 0 \rightarrow$  Otokorelasyon Var

Otokorelasyon LM testi otokorelasyon yoktur” biçiminde boş hipotezi sınamaktadır. Bu nedenle her bir gecikme uzunluğu için bakılacak değerlerin olasılık değerleri dikkate alınmaktadır. Değerler 0.10’dan büyük olduğunda ilgili gecikme uzunluğunda otokorelasyon sorunu olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır (Yıldız ve Yıldırım, 2018, s. 284). LM olasılık değerleri incelendiğinde, her bir gecikme uzunluğunda olasılık değerleri 0.10’dan büyüktür. Bu nedenle, her bir gecikme uzunluğunda otokorelasyon sorunu olmadığı tespit edilmiş ve  $H_0$  hipotezi reddedilememektedir.

Durağanlık testleri değişkenlerin maksimum entegrasyon seviyesinin 1 olduğunu belirtmekte olduğundan, modele ilave 1 gecikme daha eklenmelidir. Ancak, bu gecikme modele doğrudan ilave edilmemelidir. VAR modeli tahmin edildikten sonra, eğer modele ilave bir gecikme eklendiğinde, değişkenlerin seviyelerinde durağan olmamalarından kaynaklanan problem ortadan kalkıyorsa, modelin hata terimlerinin ters kökleri 1’den küçük olmalıdır. Başka bir ifadeyle, hata teriminin ters kökü birim çember içerisinde yer almalı, yani çemberin dışına taşmamalıdır. Birim çember testi sonuçları, modele ilave gecikme eklendikten sonra hata terimlerinin ters köklerini göstermektedir (Bayar, 2013, s. 131).

### Kararlılık Testi

Kararlılık testi, modelin dinamik olarak kararlı olup olmadığı hakkında bilgi vermektedir. Modelin kararlılığını ölçen bir testtir. Bu test sayesinde birim çember üzerindeki noktalar hakkında yorum yapılmaktadır.



Şekil 1. Birim Çember

Şekil 1’de modelin dinamik olarak kararlı olup olmadığı test edilmektedir. Değişkenlerin hepsi durağan olduğunda noktaların çemberin içinde görünmesi gerekmektedir. Çemberin etrafı tamamen 1’lerden oluşmaktadır. Bu nedenle, noktaların hepsinin 1’den küçük olması gerekmektedir. Noktalar 1’den küçük olduğunda modelde dinamik olarak kararlılık olduğu sonucu elde edilmektedir. İstatistiklerin geçerliliğini kaybetmemesi için noktaların çember dışına çıkmaması gerekir. Şekil 1’de ters AR köklerinden hiçbiri çember dışına taşmamış olduğu için modelin dinamik olarak kararlı olduğu sonucuna varılmaktadır (Yıldız ve Yıldırım, 2018, s. 286).

### Normallik Testi

Bu kısımda Doornik-Hansen tarafından geliştirilen normallik testi uygulanmıştır. Yapılan bu testle hata terimlerinin normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmektedir. Normallik testi “hata terimleri normal dağılmaktadır” şeklindeki boş hipotezi test etmektedir. Bu nedenle boş hipotez reddedilemediğinde hata terimlerinin normal dağıldığı sonucuna ulaşılmaktadır. Normallik testi sonuçlarından, Jarque-Bera istatistiğine dayanan test sonuçlarına göre karar verilmektedir (Yıldız ve Yıldırım, 2018, s. 287).

Sonuçlarda Jarque-Bera joint testin olasılık değeri 0.3925 bulunmaktadır. 0.10 olasılık değerinden daha büyük olduğundan %10 anlamlılık düzeyinde  $H_0$  hipotezi reddedilememektedir. Bu nedenle hata teriminin normal dağıldığı sonucuna ulaşılmaktadır.



**Tablo 5. Normallik Testi**

Dilim	Jarque-Bera	Serbestlik Derecesi	Olasılık Değeri
1	4.751820	2	0.0929
2	1.451575	2	0.4839
3	0.076891	2	0.9623
Joint	6.280286	6	0.3925

### White Değişen Varyans Testi

Normallik testinin ardından hata teriminin değişen varyans sorunu taşıyıp taşımadığının test edilmesi gerektiği için burada değişen varyans testi uygulanmıştır. White testi “değişen varyans sorunu yoktur” şeklindeki boş hipotezi sınamaktadır. Bağlı (joint) testin verdiği ki-kare (Chi-sq) istatistiğinin olasılık değeri %10 anlamlılık düzeyine göre değerlendirilerek karar verilebilmektedir. Ki-kare istatistiğinin olasılık değeri 0.3728’dir. %10 anlamlılık düzeyinde H0 hipotezi reddedilmediğinden, değişen varyans sorunu olmadığına karar verilmektedir. Böylece, modelde istatistiksel bir sorun olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

**Tablo 6. White Değişen Varyans Testi**

Ki-kare	Serbestlik derecesi	Olasılık Değeri
148.8952	144	0,3728

### Granger Nedensellik (Wald) Testi

Granger nedensellik testinden önce çalışmada kullanılan Ar-Ge harcamaları, toplam faktör verimliliği ve büyüme serisi 1. derece fark işlemi uygulanarak durağan hale getirildiği için Toda Yamamoto prosedürü devreye girmiş, modele gecikmeler eklenmiştir.

Sonuç tablosunda üç modele ilişkin tahmin sonuçları ayrı ayrı verilmiştir. Boş hipotez “Granger nedeni değildir” şeklinde hipotezi içermektedir. Yorum Ki-kare istatistiğinin olasılık değeri kullanılarak yapılabilir. Olasılık değerinin 0.10’dan büyük olması durumunda boş hipotez reddedilemez, Granger nedeni olmadığı sonucuna ulaşılır.

**Tablo 7. Büyüme ve Toplam Faktör Verimliliğinin Ar-Ge Harcamaları Üzerindeki Etkisi (Bağımlı Değişken: Ar-Ge Harcamaları)**

	Ki-kare	Serbestlik Derecesi	Olasılık Değeri	Sonuç
<b>Büyüme</b>	4.269451	3	0.2338	Büyüme, Ar-Ge harcamalarının Granger nedeni değildir.
<b>Toplam Faktör Verimliliği</b>	3.861150	3	0.2769	Toplam faktör verimliliği, Ar-Ge harcamalarının Granger nedeni değildir.

Büyüme oranlarının Ar-Ge harcamaları üzerindeki etkisinde olasılık değeri 0.2338 olarak bulunur. Bu değer 0.10’dan büyük olduğundan H0 hipotezi reddedilemez. Başka bir ifadeyle, “büyüme Ar-Ge harcamalarının Granger nedeni değildir” sonucu elde edilir.

Toplam faktör verimliliğinin Ar-Ge harcamaları üzerindeki etkisine baktığımızda olasılık değeri 0.2769 olarak bulunur ve 0.10’dan büyük olduğundan H0 hipotezi reddedilemez. Toplam faktör verimliliğinin Ar-Ge harcamalarının Granger nedeni olmadığı sonucu elde edilir.

**Tablo 8. Ar-Ge Harcamaları ve Toplam Faktör Verimliliğinin Büyüme Üzerindeki Etkisi (Bağımlı Değişken: Büyüme)**

	Ki-kare	Serbestlik Derecesi	Olasılık Değeri	Sonuç
<b>Ar-Ge Harcamaları</b>	7.122717	3	0.0681	Ar-Ge harcamaları, büyümenin Granger nedenidir.
<b>Toplam Faktör Verimliliği</b>	3.703859	3	0.2953	Toplam faktör verimliliği, büyümenin Granger nedeni değildir.

Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki etkisinde olasılık değeri 0.0681 olarak bulunur, 0.10'dan küçük olduğundan  $H_0$  hipotezi reddedilir. Yani Ar-Ge harcamalarının, büyümenin Granger nedeni olduğu sonucu elde edilir.

Toplam faktör verimliliğinin büyüme üzerindeki etkisinde olasılık değeri 0.2953 olarak bulunur, 0.10'dan büyük olduğundan  $H_0$  hipotezi reddedilemez. Toplam faktör verimliliği, büyümenin Granger nedeni değildir sonucuna ulaşılır.

**Tablo 9.** Ar-Ge Harcamaları ve Büyümenin Toplam Faktör Verimliliği Üzerindeki Etkisi (Bağımlı Değişken: Toplam Faktör Verimliliği)

	Ki-kare	Serbestlik Derecesi	Olasılık Değeri	Sonuç
Ar-Ge Harcamaları	7.122717	3	0.0681	Ar-Ge harcamaları, büyümenin Granger nedenidir.
Toplam Faktör Verimliliği	3.703859	3	0.2953	Toplam faktör verimliliği, büyümenin Granger nedeni değildir.

Ar-Ge harcamalarının toplam faktör verimliliği üzerindeki etkisinde 0.0588 olarak bulunan olasılık değeri, 0.10'dan küçük olduğundan  $H_0$  hipotezi reddedilir. Yani, Ar-Ge harcamalarının toplam faktör verimliliğinin Granger nedeni olduğu sonucu elde edilir.

Büyümenin toplam faktör verimliliği üzerindeki etkisinde olasılık değeri 0.5736 olarak bulunur. Bu değer 0.10'dan büyük olduğundan  $H_0$  hipotezi reddedilemez. Büyüme toplam faktör verimliliğinin Granger nedeni değildir, sonucuna ulaşılır.

### Bulgular

Yapılan Granger nedensellik testine göre üç modele ilişkin tahmin sonuçları ayrı ayrı incelenmiştir. Sırasıyla Ar-Ge harcamaları, büyüme ve toplam faktör verimliliğinin bağımlı değişken olarak diğer değişkenlerle ilişkisi analiz edilmiştir. Analiz sonucunda Ar-Ge harcamaları, büyüme ve toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkinin yönü ile ilgili şu sonuçlar elde edilmiştir:

Ar-Ge harcamaları ile büyüme arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu nedensellik ilişkisinin yönü Ar-Ge harcamalarından büyümeye doğrudur. Bu bağlamda çalışmanın sonuçları Altın ve Kaya (2009), Korkmaz (2010), Genç ve Atasoy (2010) ile Duman ve Aydın (2018)'in sonuçlarıyla paralellik arz etmektedir. Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliği arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu nedensellik ilişkisinin yönü ise Ar-Ge harcamalarından toplam faktör verimliliğine doğrudur. Bu sonuç da, Guellec ve van Pottelsberghe de la Potterie (2001), Voutsinas ve Tsamadias (2014) ile Aydın ve Yalçınkaya (2016)'nın sonuçlarıyla örtüşmektedir. “Büyüme toplam faktör verimliliğinin Granger nedeni değildir” ve “Toplam faktör verimliliği büyümenin Granger nedeni değildir” şeklindeki analiz sonucuna göre, toplam faktör verimliliği ve büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi tespit edilmemektedir. Ortaya çıkan bu sonuç ise, Aksu (2017) ile Bozkurt ve Toktaş (2018)'in çalışmalarında ulaşılan sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

### Sonuç ve Tartışma

Kısaca, bir ülkenin üretim kapasitesindeki artış şeklinde tanımlanabilen iktisadi büyüme, süreklilik arz ettiğinde kişi başına gelir artışı yoluyla ülke vatandaşlarının refahını artırmaktadır. Bu nedenle büyümenin kaynakları ya da büyümeyi arttıran unsurların neler olduğu, geçmişten günümüze dikkat çeken bir konu olmuştur. Üretim faktörlerindeki artışla birlikte büyümenin en önemli kaynaklarından biri teknolojik gelişmedir. Teknolojik gelişme ise bazı göstergelere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, söz konusu göstergeler arasında yer alan toplam faktör verimliliği ve Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyle ilişkisi, Türkiye örneğinde ampirik olarak incelenmiştir.

Çalışmada, Ar-Ge harcamaları ve toplam faktör verimliliğinin büyüme üzerindeki etkisi 1990-2019 dönemi yıllık verileri kullanılarak Granger nedensellik yöntemiyle test edilmiştir. Durağanlığının sınanması için, geliştirilmiş Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi yapılmıştır. Gerekli diğer testler yapıldıktan sonra VAR modeli kurularak, Granger nedensellik testiyle değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin varlığı ve yönü araştırılmıştır.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, Türkiye’de incelenen dönem itibarıyla Ar-Ge harcamalarının büyümeyi arttırdığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Ar-Ge harcamalarının toplam faktör verimliliğini olumlu etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda, Türkiye’nin belirtilen dönemde Ar-Ge harcamalarını arttırmış olmasının büyümeye olumlu yansımaları, toplam faktör verimliliğini de olumlu olarak etkilediği çıkarımında bulunulabilir. Buna karşılık, teorik beklentinin aksine toplam faktör verimliliği ile büyüme arasında bir ilişki bulunamamıştır. Bu durum, Türkiye’de büyümenin faktörlerin verimliliğinden değil, başka unsurlardan kaynaklandığını göstermektedir. Bu bağlamda, örneğin faktörlerin miktar artışları büyümede etkin rol üstlenmiş olabilir. Nitekim, konuyla ilgili daha önce yapılmış bazı çalışmalarda -Saygılı, Cihan ve Yurtoğlu (2001), Taymaz ve Suiçmez (2005) gibi- benzer

şekilde, Türkiye'nin büyümesinde verimlilik artışlarının payının oldukça düşük olduğu, sermaye birikimi ve istihdam artışının etkin rol üstlendiği tespit edilmiştir.

Günümüzde ülkelerin rekabet üstünlüğünü sağlama araçlarının başında Ar-Ge çalışmaları gelmektedir. Ar-Ge çalışmalarını yürütebilenin en başta gelen koşulu ise, bu tür çalışmalar için ihtiyaç duyulan maddi kaynağa sahip olabilmektir. Bu alanda nitelikli personelin yetiştirilmesi bir diğer önemli husustur. Dolayısıyla, teknoloji üretme ve geliştirmenin önemi konusunda toplumsal bilinç oluşturulmalı, bu doğrultuda Ar-Ge alanında donanımlı personeller yetiştirilmelidir. Sonrasında ise, Ar-Ge için gerekli kaynak ayrılmalı ve bu kaynağın miktarının yıldan yıla artırılması temel hedeflerden biri haline gelmelidir. Bu bağlamda, son dönemlerde ülkemiz Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payının %1'in üzerine çıkması olumlu olmakla birlikte, gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında oldukça düşük düzeydedir. Bu payın daha fazla artması için hükümet tarafından gerekli kaynakların sağlanmasına çalışılmalı, bunun yanında özellikle özel sektörün Ar-Ge çalışmalarında daha etkin bir şekilde yer alması için gerekli teşvik ve düzenlemeler yapılmalıdır. Türkiye'nin bilimsel alanda teorik çalışmalar açısından dünyada kaydeder bir konuma sahip olmasına karşılık, bunların patent ve faydalı model gibi somut çıktılara dönüşmesinde sıkıntısı olduğu düşünüldüğünde, teknopark, silikon vadileri gibi teknoloji üretme, geliştirme mekanları kurulmalı ve buralara gerekli mali ve insan kaynağı desteği verilmelidir. Özetle, toplam faktör verimliliğini artırmaya dayalı bir büyüme modeli benimsenerek, uzun vadeli yapısal reformlarla bu modelin sürdürülebilir hale getirilmesi sağlanmalıdır.

---

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkısı:** Çalışma Konsepti/Tasarımı: H.Ç.; Veri Toplama: S.S.; Veri Analizi /Yorumlama: H.Ç., S.S.; Yazı Taslağı: H.Ç., S.S.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: H.Ç.; Son Onay ve Sorumluluk: H.Ç., S.S

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer Review:** Externally peer-reviewed

**Author Contributions:** Conception/Design of study: H.Ç.; Data Acquisition: S.S.; Data Analysis/Interpretation: H.Ç., S.S.; Drafting Manuscript: H.Ç., S.S.; Critical Revision of Manuscript: H.Ç.; Final Approval and Accountability: H.Ç., S.S

**Conflict of Interest:** The authors have no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The authors declared that this study has received no financial support.

---

#### ORCID:

Hamza Çeştepe 0000-0003-1541-5703

Sezin Şıklı 0000-0003-2714-5667

#### KAYNAKLAR / REFERENCES

- Açıkgöz, Ş. ve Karpat Çatalbaş, G. (2010). Türkiye ekonomisinde büyümenin kaynakları: Parametrik olmayan bir yaklaşım. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(2), 1-22.
- Adak, M. (2009). Total factor productivity and economic growth. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(15), 49-56.
- Aksu, L. (2017). Türkiye'de istihdam, verimlilik ve iktisadi büyüme ilişkilerinin analizi. *İktisat Politikası Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 39-94.
- Alakbarov, N., Gündüz, M. ve Erkan, B. (2018). Türkiye'de ekonomik büyümenin belirleyicisi olarak toplam faktör verimliliği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 57, 253-270.
- Alancıoğlu, E. ve Şit, M. (2019). "BRICS ekonomilerinde toplam faktör verimliliği ile ekonomik büyüme ilişkisinin panel veri analizi: 2000-2016 dönemi", *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 11(20), 29-40.
- Altın, O. ve Kaya A. A. (2009). Türkiye'de Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkinin analizi. *Ege Akademik Bakış*, 9(1) 251-259.
- Apokin, A. Y. & Ipatova I. B. (2016). How R&D expenditures influence total factor productivity and technical efficiency?. *Higher School of Economics Research Paper No. 128/EC/2016*, 1-52. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2747993>.
- Aydın, H. İ. ve Yalçınkaya Ö. (2017). Ar-Ge yatırımlarının toplam faktör verimliliği üzerindeki etkileri: OECD ülkeleri üzerinde panel veri analizi (1994-2014). *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 26, 179-196.
- Aydoğan, H. (2022). *Türkiye ekonomisinde verimlilik ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ARDL sınır testi yaklaşımıyla incelenmesi*. (Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Bayar, M. (2013). *Doğrudan yabancı yatırımlar, ekonomik büyüme ve dış ticaret ilişkisi: Türkiye Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Zonguldak: Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Zonguldak.
- Berber, M. (2019). *İktisadi Büyüme ve Kalkınma* (7. bs). Trabzon: Ekin Yayınları.
- Blanco, L. R. ve Prieger J. E. (2016). The impact of research and development on economic growth and productivity in the U.S. States. *Southern Economic Journal*, 82(3), 914-934. <https://doi.org/10.1002/soej.12107>.
- Bozkurt, E. ve Toktaş Y. (2018). Büyümenin kaynakları üzerine bir panel veri analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 14(4), 883-896.
- Çeştepe, H. ve Gençel, H. (2019). Beşeri sermaye ve ekonomik büyüme ilişkisi: Türkiye için nedensellik analizi. *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(16), 139-146.
- Dar, A. & Amirkhalkhali, S. (2017). Fiscal policy, total factor productivity and economic growth in advanced economies. *Applied Econometrics and International Development*, 17(2), 5-18.
- Demirbaş, M., Türkay, H. ve Türkoğlu, M. (2009). Petrol fiyatlarındaki gelişmelerin Türkiye'nin cari açığı üzerine etkisinin analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 289-299.
- Dereli, D. D. ve Salgar U. (2019). Ar-Ge harcamaları ve büyüme arasındaki ilişki: Türkiye üzerine bir değerlendirme. *Journal of Life Economics*, 6(3), 345-360.
- Doğan, E. (2022). Toplam faktör verimliliği, finansal gelişme ve inovasyon ekonomik büyümeyi artırıyor mu?. *Anasay*, 6(19), 137-153.
- Duman, K. ve Aydın, K. (2018). Türkiye'de Ar-Ge harcamaları ve GSYİH ilişkisi. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 4(1), 49-66.
- Falk, M. (2007). R&D Spending in the high-tech sector and economic growth. *Research in Economics*, 61(3), 140-147. <https://doi.org/10.1016/j.rie.2007.05.002>.
- Fikirlı, Ö. ve Çetin, A. K. (2015). Ar-Ge sermaye birikiminin toplam faktör verimliliğine etkisi: Türkiye örneği. *Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi*, 4(2), 147-166.
- Freimane, R. & Balina S., (2016). Research and development expenditures and economic growth in the EU: A panel data analysis. *Economics and Business*, 29, 5-11. <https://doi.org/10.1515/eb-2016-0016>.
- Genç, M. C. ve Atasoy Y. (2010). AR&GE harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: Panel veri analizi. *The Journal of Knowledge Economy & Knowledge Management*, 5(2), 27-34.
- Guellec, D. & Van Pottelsberghe De La Potterie, B. (2001). R&D and Productivity Growth: Panel Data Analysis of 16 OECD Countries. *OECD Economic Studies*, 33, 103-126. [https://doi.org/10.1787/eco\\_studies-v2001-art12-en](https://doi.org/10.1787/eco_studies-v2001-art12-en).
- Güneş, H. (2019). Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme ilişkisi: OECD ülkeleri için panel veri analizi. *Sakarya İktisat Dergisi*, 8(2), 160-176.
- Hark, R. ve Gökdemir, L. (2023). Türkiye ekonomisinde verimlilik ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ARDL sınır testi yaklaşımıyla incelenmesi. *Verimlilik Dergisi*, 57(1), 239 - 252.
- İşık, C. (2016). Türkiye'de toplam faktör verimliliği ve ekonomik büyüme ilişkisi. *Verimlilik Dergisi*, 2, 45-56.
- İşık, S. (2018). The impacts of agricultural research and development expenditures on agricultural total factor productivity: Evidence from selected Latin American countries. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 19(2), 17-26.
- Kamacı, A., Ceyhan M. S. ve Peçe M. A. (2019). Toplam faktör verimliliğinin ekonomik büyümeye etkisi: 15 OECD ülkesi için panel veri analizi. *AÇÜ Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(1), 22-36.
- Konat, G. (2021). Türkiye'de Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: Fourier ADL eşbütünlük analizi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 17(1), 133-145.
- Korkmaz, S. (2010). Türkiye'de Ar-Ge yatırımları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin VAR modeli ile analizi. *Journal of Yaşar University*, 20(5), 3320-3330.
- Lichtenberg, F. R. & Siegel, D. (1991). The impact of R&D investment on productivity: New Evidence using linked R&D-LRD data. *NBER Working Paper No. 2901*. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1991.tb01267.x>.
- Peng, L. (2010). Study on relationship between RD expenditure and economic growth of China. *Proceedings of the 7th International Conference on Innovation & Management*, Wuhan: Wuhan University of Technology Press, 1725-1728.
- Romer P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037. <https://doi.org/10.1086/261420>.
- Saleem, H., Shahzad, M., Khan, M. B., & Khilji, B. A. (2019). Innovation, total factor productivity and economic growth in Pakistan: A policy perspective. *Journal of Economic Structures*, 8(7), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40008-019-0134-6>.
- Sandu, S. & Modoran, C. (2008). The impact of R&D investment on productivity. *Annales Universitatis Apulensis Series Oeconomica*, 2(10), 1-18.
- Saygılı, Ş., Cihan, C. ve Yurtoğlu, H. (2001). Verimlilik ve büyüme: Türkiye ekonomisi için ülke karşılaştırmalı bir analiz. *Sayıştay Dergisi*, (43), 23-56.
- Singh, N. & Trieu, H. (1996). The role of R&D in explaining total factor productivity growth in Japan, Korea and Taiwan. UCSC, CA *Working Paper No. 95064*.
- Soete, L. L. G., Verspagen, B. & Ziesemer, T. H. W. (2019). The productivity effect of public R&D in the Netherlands. *Economics of Innovation and New Technology*, 29(1), 31-47. <https://doi.org/10.1080/10438599.2019.1580813>.
- Sylwester, K. (2001). RD and economic growth. *Knowledge, Technology & Policy*, 13(4), 71-84. <https://doi.org/10.1007/BF02693991>.
- Szarowská, I. (2017). Does public R&D expenditure matter for economic growth? GMM approach. *Journal of International Studies*, 10(2), 90-103. [10.14254/2071-8330.2017/10-2/6](https://doi.org/10.14254/2071-8330.2017/10-2/6).

Taban, S. (2018). *İktisadi büyüme* (5. bs). Bursa: Ekin Yayınları.

Tarı, R. ve Bozkurt, H. (2006). Türkiye’de istikrarsız büyümenin VAR modelleri ile analizi (1991.1-2004.3) . *Istanbul University Econometrics and Statistics e-Journal*, 0(4), 1-16.

Tarı, R. ve Alabaş M. M. (2017). The relationship between RD expenditures and economic growth: The case of Turkey. *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17(2), 1-17.

Taymaz, E. ve Suiçmez, H. (2005), *Türkiye’de verimlilik, büyüme ve kriz*. Ankara: MPM Yayını.

Verspagen, B. (1995). R&D and productivity: A broad cross-section cross-country look. *The Journal of Productivity Analysis*, 6, 117-135. <https://doi.org/10.1007/BF01073407>.

Voutsinas, I. & Tsamadias, C. (2014). Does research and development capital affect total factor productivity? Evidence from Greece. *Economics of Innovation and New Technology*, 23(7), 631-651. <https://doi.org/10.1080/10438599.2013.871169>.

Yıldız R. ve Yıldırım E. (2018). *Tez yazma makale hazırlama ve yayınlama kılavuzu* (7. bs). Ankara: Detay Yayıncılık.

### How cite this article / Atf Biçimi

Çeştepe, H., & Şıklı, S. (2024). An empirical analysis of the relationship between research and development expenditures, total factor productivity, and economic growth in Turkey. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 121–133. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1386773>

# Türkiye’de Toplu İş Sözleşme Kapsama Oranını Etkileyen İktisadi Faktörler: Eşbütünleşme Yaklaşımı

## Economic Factors Affecting the Collective Bargaining Agreement Coverage Rate in Turkey: Cointegration Approach

Atilla Aydın<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>(Öğr. Gör. Dr.), İstanbul Gelişim Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, İstanbul, Türkiye

**ÖZ**  
Sendikalaşma hakkı, günümüzde çağdaş demokrasinin en önemli göstergelerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Sendikalaşma oranı, sendika üyesi işçi sayısının toplam çalışan işçi sayısına oranı olarak tanımlanmaktadır. Ancak sendikalaşma, tek başına bir anlam ifade etmemekte ve toplu iş sözleşme hakkı ile birlikte ele alınmaktadır. Bu çalışmada toplu iş sözleşmesi kapsama oranı verisi kullanılmıştır. Çalışmanın amacı, iktisadi değişkenlerin toplu iş sözleşmesi kapsama oranı üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Bu bağlamda sanayi sektörü katma değerinin GSYH içindeki payı, kişi başına gelir ve enflasyon bağımsız değişkenler olarak ele alınmıştır. Çalışmanın veri aralığı 1988-2022 yılları olup yöntem olarak Johansen eşbütünleşme testi ve ARDL sınır testi kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre değişkenler uzun dönemde eşbütünleşiktir. Sanayi katma değerinin GSYH içindeki payında gerçekleşen %1’lik artış fiili sendikalaşma oranını yaklaşık %3,40 oranında arttırmaktadır. Enflasyondaki %1’lik artış fiili sendikalaşma oranını %0.49 düşürürken, kişi başına milli gelirdeki %1’lik artış fiili sendikalaşma oranını yaklaşık %1,18 düzeyinde aşağı çekmektedir. Ayrıca hata düzeltme modeli kurulmuş ve kısa dönemde yaşanan sapmaların uzun dönemde ortadan kalktığı saptanmıştır.

### ABSTRACT

The right to unionize is now considered as one of the most important indicators of contemporary democracy. Here, unionization rate is defined as the ratio of the number of union members to the total number of employed workers. However, on its own, unionization does not mean anything and it is considered along with the right to collective bargaining. This study used collective bargaining agreement coverage rate data to investigate the effects of economic variables on the collective bargaining agreement coverage rate. It used the share of industrial sector added value in gross domestic product (GDP), per capita income, and inflation as independent variables. The study covered the period of 1988–2022 using the Johansen cointegration and autoregressive distributed lag bound tests. The findings revealed that the variables are cointegrated in the long term. A 1% increase in the share of industrial value added in GDP increases the unionization rate by approximately 3.40%. While a 1% increase in inflation reduces the actual unionization rate by 0.49%, a 1% increase in per capita national income reduces it by approximately 1.18%. Additionally, the study established an error correction model, determining that the deviations experienced in the short term disappear in the long term.

**Anahtar Kelimeler:** Sendikalaşma Oranı, Enflasyon, Kişi Başına Milli Gelir, Sanayi, Eşbütünleşme

**Keywords:** Unionization Rate, Inflation, National Income Per Capita, Industry, Cointegration

### EXTENDED SUMMARY

The right to unionize is recognized as one of the most important indicators of modern democracy. In this context, the most important factors are the unionization rate, defined as the ratio of the number of unionized workers to the total number of employed workers, and collective bargaining coverage rate, defined as the ratio of the number of workers benefiting from a collective bargaining agreement to the number of workers earning wages. This study aims to determine the economic factors affecting the collective bargaining coverage rate in Turkey. The study uses the following independent variables: the share of industrial sector

**Corresponding Author:** Atilla Aydın E-mail: ataydin@gelisim.edu.tr

**Submitted:** 07.11.2023 • **Revision Requested:** 17.01.2024 • **Last Revision Received:** 28.01.2024 • **Accepted:** 22.03.2024



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

value added in GDP, inflation rate, and per capita income, to discuss the effects of market conditions on collective bargaining coverage rate.

Unionization is generally associated with legal and social factors. Görmüş (2020) and Mülayim (2023) investigated the factors affecting the collective bargaining coverage rate, namely, unionization rate, level of collective bargaining agreements, and incentive scheme. However, few empirical studies investigate the relationship between unionization and economic variables. Oswald (1982) argued that an increase in unionization will raise wages, leading to decreased employment and output. Blanchard and Summers (1986) concluded that a high unionization rate increased the natural unemployment rate in the 1980s. Ramjas (1989) found that an increase in the unionization rate negatively impacts worker productivity. Bean and Crafts (1995) reported that an increase in the unionization rate negatively affects total factor productivity. De Groot (2001) found that unions will increase the general wage level and inflation if the wage increase cannot be compensated by productivity increases. Meanwhile, Daveri and Tabellini (2000) analyzed the economic effects of taxation processes, finding that if excessive taxation is passed on to workers, labor costs and unemployment increase and union density decreases. Van Reenen (1996) and Wrigles (2002) argued that while creative enterprises pay higher wages, competitive enterprises have a low general wage level. Here, unions become stronger and resources cannot be allocated to research and development activities, resulting a slowdown in growth. Turnbull (2003) found that unionization slows down GDP growth, while Baker et al. (2005) identified a significant relationship between collective bargaining coverage and unemployment. Murtin et al. (2014) found that if the collective bargaining coverage rate is higher than the unionization rate, wages will become rigid and harm employment. Barbier-Gauchard et al. (2023) found that nominal wages and employment fall when unionization is weak, putting downward pressure on inflation. Empirical studies generally associate unionization with the labor market. In contrast, this study examines unionization and collective bargaining coverage from a broader, macroeconomic perspective.

This study uses the Johansen cointegration test and ARDL bounds test to determine the long-term relationship between variables. To apply the cointegration test, all variables should be stationary of the same order. In this framework, the stationarity of the variables is investigated with conventional and structural break unit root tests. Moreover, long-term parameters are estimated and the effects of each variable on the collective bargaining coverage rate are decomposed. Finally, an error correction model is constructed to analyze the short run.

According to the results, a 1% increase in the share of industrial value added in gross domestic product (GDP) increases the collective bargaining coverage rate by approximately 2.19%. This result is natural considering that unionization tendency is generally higher in the industrial sector. Meanwhile, a 1% increase in inflation decreases the collective bargaining coverage rate by approximately 0.19%; the increase in inflation decreases real wage and employment level. The increases in enterprises’ input costs are expected to be compensated by the pressure on wages and collective bargaining agreements. In countries with weak collective bargaining power, the inflationary process results in a decline in real wages and distorts income distribution. This framework can explain the negative impact of the inflation rate on collective bargaining coverage. A 1% increase in per capita income decreases the collective bargaining coverage rate by approximately 0.77%. Evaluating this result along with the functional income distribution structure in Turkey is important. Increasing the rate of collective bargaining coverage is important for workers’ rights and democratization. Based on this study’s findings, a structural change in favor of the industry will increase the rate of collective bargaining. High inflation is among today’s most important problems. Nowadays, the fight against inflation is carried out by turning expectations into positive and reducing economic risks. The study finds that a decrease in inflation will increase the rate of collective bargaining coverage. Additionally, the implementation of economic policies aimed at improving income distribution will also increase the collective bargaining coverage rate. Moreover, spreading economic growth to all segments of society is important for ensuring economic stability. To this end, this framework indicates that regulations to prevent the erosion of wage incomes, tax policies in favor of labor incomes, and the fight against inflation should be implemented.

## Giriş

Çağdaş demokrasinin önemli unsurlarından biri, işçilerin kendi çıkarlarını korumak amacıyla örgütlenme hakkıdır. Ancak örgütlenme hakkı, tek başına bir anlam ifade etmemektedir. Bu bağlamda sendika hakkı; toplu iş sözleşmesi imzalama, toplu iş uyuşmazlığı çıkarma, grev gibi unsurları da kapsayan bir olgu olarak değerlendirilmektedir (Yorğun, 2023: 100). Esasen sendika, hakların kullanılması için kurulan bir örgüt olarak ifade edilmektedir. Nitekim Türkiye’de 6536 sayılı Sendikalar ve Toplu İş Sözleşmesi Kanunu, toplu iş sözleşmesi yetkisini sendikalara vermiştir. Türkiye tarihinde ilk grevli toplu iş sözleşmesi hakkı 1961 anayasasında ele alınmıştır. 274 ve 275 sayılı yasalar, sendikaların toplu iş sözleşmesi ve grev hakkını güvence altına almıştır. 1982 anayasasında da toplu iş sözleşmesi hakkı güvence altına alınmış ve bu hakkın sınırlandırılmasının anayasaya aykırı olamayacağı açıkça belirtilmiştir (Yorgun, 2013: 364-365).

Sendikalaşma ve grevli toplu iş sözleşmesi hakları anayasal olarak güvence altına alınmış olmasına rağmen uygulamada pek çok sorun ortaya çıkmaktadır. Sözgelimi toplu iş sözleşmelerini sınırlandırma çabalarına karşılık anayasa mahkemesinde davalar açılmaktadır. Ayrıca piyasa koşulları, ekonomik krizler, hukuki düzenlemeler gibi faktörlerin sendikalaşma hakkı üzerinde baskı unsuru oluşturduğu görülmektedir. Yukarıda ifade edildiği gibi sendikalaşma hakkı, toplu iş sözleşmesi hakkı ile bir bütün olarak ele alınmalıdır. Toplu iş sözleşmesi hakkının olmadığı bir sendikal hak içi boş bir kavram olarak değerlendirilmektedir. Bu çerçevede sendikal yoğunluk ile toplu iş sözleşmesi kapsama oranını birbirinden kesin olarak ayırmak önem arz etmektedir. Sendikalaşma oranı sendika üyesi işçilerin maaş ve ücret geliri elde eden işgücüne oranı olarak ifade edilirken, toplu iş sözleşmesi kapsama oranı bir toplu iş sözleşmesinden yararlanan işçi sayısının ücret ve maaş geliri elde eden işçilerin sayısına oranı olarak tanımlanmaktadır (ILO, 1997). Ayrıca toplu iş sözleşmesi kapsama oranı kayıtlı ve kayıt dışı tüm işçileri içerecek şekilde genişletilmiştir. Avrupa ülkelerinde genel olarak toplu iş sözleşmesi kapsama oranı sendikalaşma oranından daha yüksek olmasına karşılık Türkiye’de tam tersi bir durum söz konusudur. Kuzey Avrupa ülkelerinde (Danimarka, Finlandiya, İsveç) ortalama toplu iş sözleşmesi kapsama oranı %87,1 iken sendikalaşma oranı %64,7 düzeyindedir. Merkez batı ülkelerinde (Lüksemburg, Avusturya, Belçika, Almanya, Hollanda, Slovenya) ortalama toplu iş sözleşmesi kapsama oranı %77,3 seviyesindeyken sendikalaşma oranı %29 düzeyindedir. Türkiye’de ise toplu iş sözleşmesi kapsama oranı 2023 Ocak ayı itibarıyla %7,8 düzeyinde, sendikalaşma oranı ise %14,42 seviyesinde bulunmaktadır (Mülayim, 2023: 119-120). Bu bağlamda Türkiye için sendika üyesi bazı işçilerin aslında sendikal haklardan faydalanmadığı söylenebilir.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, sendikalaşma oranlarını ve toplu iş sözleşmesi kapsamı verilerini internet sitesinden düzenli olarak açıklamaktadır. Bu verilerden de toplu iş sözleşmesi kapsama oranının sendikalaşma oranının gerisinde olduğu görülmektedir. Devrimci İşçi Sendikaları Konfederasyonu (DİSK), fiili sendikalaşma oranı kavramını ortaya atarak bu karmaşaya son vermek istemiştir. Toplu iş sözleşmesi kapsamına dayalı olarak hesaplanan fiili sendikalaşma oranı, işçi hakları açısından daha sağlıklı bilgiler sunmaktadır. Fiili sendikalaşma oranının hesaplanmasında kayıt dışı işçiler de dikkate alındığı için ekonomik koşulların da kapsandığı ifade edilebilir. Bir başka ifadeyle fiili sendikalaşma oranının toplu iş sözleşmesi kapsamındaki işçi sayısının tüm işçi sayısına bölünmesiyle hesaplandığı göz önüne alındığında oranın paydasında kayıt dışı çalışan işçiler de yer almaktadır. Bu çalışmada toplu iş sözleşmesi kapsama oranı verisi bu genişletilmiş tanım üzerinden kullanılmıştır.

Bir ülkede toplu iş sözleşmesi kapsama oranının düzeyi aynı zamanda o ülkenin demokrasi düzeyini de göstermektedir. Bu çerçevede demokratik yasal düzenlemelerin toplu iş sözleşmesi kapsama oranını arttırması doğaldır. Sendikalaşma oranı ile toplu iş sözleşmesi kapsamı birbirinden ayrılması gereken farklı kavramlar olmasına karşılık literatürde sendikalaşma oranındaki artışın toplu iş sözleşmesi kapsamını da arttırdığına yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Traxler, 1994, Yorgun, 2013, Kutal, 2014) Toplu iş sözleşmesi kapsama oranını yükselten diğer bir unsur, toplu iş sözleşmesinin düzeyi olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca teşmil mekanizmasının da toplu iş sözleşmesi kapsama oranını arttırdığı bilinmektedir. Bu çalışmada toplu iş sözleşmesi kapsama oranını etkileyen unsurlar olarak iktisadi değişkenler araştırılmıştır. Toplu iş sözleşmesi kapsama oranı; sanayi sektörü katma değerinin GSYH içindeki payı, enflasyon ve kişi başına gelirin bir fonksiyonu olarak ele alınmıştır. Bu çerçevede sadece hukuki düzenleme ve demokratikleşmenin toplu iş sözleşmesi kapsama oranı üzerinde etkili olmadığı, iktisadi koşulların da belirleyici olduğu açıklanmaktadır. Bir başka ifadeyle Türkiye için makroekonomik faktörlerin toplu iş sözleşmesi kapsama oranı üzerindeki etkileri tartışılmaya açılmaktadır.

Çalışmanın girişten sonraki ikinci kısmında sendikalaşma ve toplu iş sözleşmesi kapsama oranı kavramı üzerinde durulmuştur. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan makroekonomik faktörlerle toplu iş sözleşmesi kapsama oranı arasındaki ilişkiler teorik olarak açıklanmıştır. Dördüncü bölümde literatürde konu ile ilgili yapılmış çalışmalara yer verilmiştir. Beşinci bölümde ampirik çalışmaya ilişkin veri seti ve çalışmada kullanılan yöntemler kısaca özetlenmiş, altıncı bölümde çalışmadan elde edilen bulgular sunulmuştur. Son bölüm ise sonuç kısmına ayrılmıştır.

## Toplu İş Sözleşmesi Kapsama Oranı ve Sendikalaşma Kavramları

Sendikalaşma kavramı üzerinde uluslararası kabul görmüş bir tanım bulunmamaktadır. Bu çerçevede sendikalaşma oranı istatistiklerinde de karmaşa yaşanmaktadır. ILO (1997), sendikalaşma oranını sendikalara üye olanların sayısının maaş ve ücret



geliri eden işgücüne oranı olarak tanımlanmaktadır. Sendika üyeliği kavramı da ayrıca tartışmalıdır. ILO, toplu iş sözleşmesi yapmayan ancak üyelerinin istihdam ve gelir koşulları ile ilgilenen meslek örgütlerini de sendika kapsamında değerlendirmektedir. Bu bağlamda söz konusu kuruluşlara üye olanlar da sendika üyesi olarak kabul edilmektedir.

Uluslararası alanda yaşanan kavram karmaşası, Türkiye’deki sendikalaşma istatistiklerine de yansımıştır. Türkiye’de sendikalaşma oranlarına ilişkin bilgiler Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından derlenmekte ve yayımlanmaktadır. Ancak yasal düzenlemelere göre verilerin kapsamı değişiklik gösterdiği için farklı yıllar arasında uçurum sayılabilecek farklar görülebilmektedir. 1983 yılında yürürlüğe giren 2821 sayılı Sendikalar Kanunu, noter aracılığıyla sendikaya üye olan her işçinin üyelik fişinin bir nüshasının sendika tarafından Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığına gönderilmesi şartını getirmiştir. Ancak yasadaki önceki üyelikler için sendikaların bildirimleri esas alınmıştır (Çelik ve Lordoğlu, 2006: 15). Bu bağlamda sağlıklı istatistiklere ulaşmak mümkün olmamıştır. 2012 yılında kabul edilen 6536 sayılı kanun da önceki yasal düzenlemelerin bazı maddelerinin değiştirilmesinden ibaret kalmıştır. Bu bağlamda eski ve yeni veriler karşılaştırılmaz olmaktadır. Tablo 1’de seçilmiş yıllar için Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından açıklanan sendikalaşma oranları özetlenmiştir.

**Tablo 1.** Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Verilerine Göre Sendikalaşma Oranları

Yıl	Toplam İşçi Sayısı	Sendikalı İşçi Sayısı	Sendikalaşma Oranı (%)
1985	2.819.517	1.828.471	64,9
1990	3.563.527	1.997.564	56,1
1995	3.905.118	2.667.014	68,3
2000	4.521.081	2.468.591	54,6
2005	5.022.584	2.944.929	58,6
2009	5.398.296	3.232.679	59,9
2015	12.744.685	1.429.056	11,2
2020	14.251.655	1.946.165	13,7
2021	15.027.910	2.123.685	14,1
2022	15.987.428	2.280.285	14,3

**Kaynak:** <https://www.csgeb.gov.tr/istatistikler/calisma-hayati-istatistikleri/sendikal-istatistikler/isci-sayilari-ve-sendikalarin-uye-sayilari-hakinda-tebligler/>

Tablo 1’de görüldüğü gibi 2015 yılındaki sendikalaşma oranı, önceki dönemlerden belirgin bir şekilde düşüktür. 2012 yılındaki yasa ve yöntem değişikliği bu farklılığın kaynağıdır. Bir başka ifadeyle bakanlık da 2012 yılına kadar açıklanan verilerin tartışılabilir olduğunu kabul etmektedir.

Sendikalaşma oranı istatistikleri konusunda daha sağlıklı bir yöntem DİSK-AR (2019) tarafından önerilmiş ve sendikalaşma oranı hesaplamasında toplu iş sözleşmesi kapsamı esas alınmıştır. Toplu iş sözleşmesi kapsamı, ücret ve çalışma koşulları bir veya birden fazla toplu iş sözleşmesi ile belirlenen işçi sayısının kayıtlı ve kayıt dışı tüm işçilerin sayısına oranı olarak tanımlanmaktadır (ILO, 2018: 13). Toplu iş sözleşmesi kapsama oranı, klasik yöntemle hesaplanan sendikalaşma oranından farklılık arz etmektedir. Sendikalaşma oranı, sendika üyesi işçileri dikkate almaktadır. Ancak bazı durumlarda çalışanlar, sendikaya üye olmadan da toplu iş sözleşmesinden yararlanabilmektedir. Ayrıca bu durumun tersi de mümkündür. Bir başka ifadeyle sendikaya üye olduğu halde toplu iş sözleşmesi kapsamında olmayan işçiler söz konusu olabilmektedir. Öte yandan etkili toplu iş sözleşmelerinin düzenlenmesi, işçileri sendikaya üye olma konusunda motive etmektedir (Scheuer, 1997: 65). Bu çerçevede iki gösterge arasında geçişkenlik bulunduğu ifade edilebilir.

DİSK-AR (2019) hesaplamasında istatistiksel karmaşanın giderilmesi amacıyla resmi sendikalaşma oranı ve fiili sendikalaşma oranı şeklinde iki farklı tanımlama yapılmıştır. Resmi sendikalaşma oranı, yukarıda da ifade edildiği gibi Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından açıklanan sendikalaşma oranıdır. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından hesaplanan sendikalaşma oranı, sendikalı işçi sayısının sigortalı çalışan tüm işçilere oranı olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada kullanılan

toplu iş sözleşmesi kapsama oranı ise toplu iş sözleşmesinden yararlanan işçi sayısının kayıtlı ve kayıt dışı tüm işçilerin sayısına oranıdır.

Türkiye’de sendikal haklar ve toplu iş sözleşmesi hakkı 6536 sayılı kanun çerçevesinde ele alınmaktadır. Söz konusu kanunun çıkmasında Uluslararası Çalışma Örgütü ve Avrupa Birliği’nin eleştirileri önemli rol oynamıştır. Nitekim Avrupa Birliği üyelik sürecinde 2821 ve 2822 sayılı kanunlar ile ilgili eleştiriler getirilmiştir (Pirler, 2013: 885). Ancak 6536 sayılı kanunun yürürlüğe girmesi de eleştirileri ortadan kaldırmamıştır. Eski kanunların sadece bazı maddelerinde değişikliğe gidilmesi, tarafların özgür iradesine dayalı bir toplu iş sözleşme özerkliğinin sağlanamamış olması, sendikaların vesayet altında bulunması hususları söz konusu eleştirilerin başında gelmektedir (Mülayim, 2023: 114). Öte yandan 6536 sayılı kanunun çıkarılması, Uluslararası Çalışma Örgütü ve Avrupa Birliği’nin eleştirilerini gidermek adına önem arz etmektedir (Aydın ve Keskin, 2015). Ancak sendikalaşma oranı ile toplu iş sözleşmesi kapsama oranı arasındaki farklılıklar, Türkiye’nin önemli bir sorunu olarak öne çıkmaktadır. Tablo 2’de 2013 sonrası resmi sendikalaşma ve toplu iş sözleşmesi kapsama oranları sunulmuştur.

**Tablo 2.** Türkiye’de Sendikalaşma ve Toplu İş Sözleşmesi Kapsama Oranları

Dönem	Sendikalaşma Oranı	Toplu İş Sözleşmesi Kapsama Oranı
Ocak 2013	9,2	7,7
Ocak 2014	9,5	8,1
Ocak 2015	10,7	9,1
Ocak 2016	12,0	10,2
Ocak 2017	12,2	10,3
Ocak 2018	12,3	10,7
Ocak 2019	13,8	11,4

**Kaynak:** DİSK-AR (2019), Sendikalaşma araştırması, Sayfa 10. [Microsoft Word - Sendikalaşma Araştırması-OCAK-2019-BASIN.docx \(disk.org.tr\)](#)

Tablo 2’de görüldüğü gibi sendikalaşma oranı toplu iş sözleşmesi kapsama oranından daha yüksek olarak hesaplanmaktadır. Bu bağlamda sendika üyesi olduğu halde toplu iş sözleşmesinden faydalanamayan işçilerin bulunduğu açıktır. Sendikaların birincil görevinin toplu iş sözleşmeleri aracılığıyla üyelerinin haklarını korumak olduğu değerlendirildiğinde toplu iş sözleşmesi kapsama oranının daha sağlıklı bir göstere olduğu söylenebilir.

### Sendikalaşma ve Makroekonomik Göstergeler

Toplu iş sözleşmesi kapsamı oranını etkileyen faktörler genelde hukuki ve sosyal yönden ele alınmıştır. 2008 küresel krizden sonra dünyada genel olarak toplu iş sözleşme oranı kapsamının daraldığı görülmektedir (Mülayim, 2023: 117). Toplu iş sözleşmelerinin baskı altına alınmasının böyle bir eğilime neden olduğu ifade edilebilir. Avrupa Birliği üyesi ülkelerde ise toplu iş sözleşmesi kapsama oranı ortalaması %60 olmakla birlikte ülkelere göre farklılık arz etmektedir. Kuzey ülkelerinde toplu iş sözleşmesi kapsama oranı %87 iken sendikalaşma yoğunluğu %65 civarındadır. Sendikalaşmanın en düşük olduğu İrlanda, Malta, İngiltere gibi batı bölümünde ise toplu iş sözleşmesi kapsama oranı ortalama %27, sendikalaşma oranı yaklaşık %13 civarındadır (Muller, 2021: 2). Avrupa Birliği ülkelerinde toplu iş sözleşme kapsamının sendikalaşma oranından yüksek olmasının temelinde teşmil uygulaması yatmaktadır. Teşmil uygulaması ile toplu iş sözleşmesi kapsama oranı büyük ölçüde arttırılabilmektedir. Teşmil sayesinde örgütsüz işçilerin de toplu iş sözleşmesinden yararlanması sağlanmaktadır. Bu çerçevede işverenler arasındaki haksız rekabetin de önüne geçilmektedir. Ayrıca işçi hakları konusunda yaşanan gelişmelerin tüm ülkeye yayılması sağlanabilmektedir (Demircioğlu, 2009: 120-121). Avrupa Birliği ülkelerinde toplu iş sözleşme kapsamının sendikalaşma oranından fazla olması, Tablo 2’deki Türkiye verileriyle farklılık arz etmektedir. Bu durum, bir ön çıkarım olarak değerlendirilebilir. OECD ülkeleri toplu iş sözleşmesi kapsama oranı ise 2019 yılı itibarıyla %32,1 olarak hesaplanmıştır (OECD, 2023). Gerek Avrupa Birliği ülkeleri gerekse OECD ülkeleri bazında değerlendirildiğinde Türkiye’de sendikalaşma ve toplu iş sözleşme kapsamının çok düşük düzeyde olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca Tablo 2’deki veriler tüm işçileri kapsamakta olup özel sektör olarak değerlendirildiğinde toplu iş sözleşme kapsamının %5,2 düzeyinde olduğu görülmektedir (DİSK-AR, 2022).

Toplu iş sözleşmesi kapsama oranını etkileyen faktörler çeşitli biçimlerde ele alınabilir. Söz konusu faktörlerin başında sendikalaşma oranı gelmektedir. 6536 sayılı yasa gereği bir işçinin toplu iş sözleşmesinden faydalanabilmesi için sendika üyesi olması veya ilgili sendikaya dayanışma aidatı ödemesi gerekmektedir. Bu bağlamda sendikalaşma oranının toplu iş sözleşmesi kapsama oranı üzerinde pozitif bir etkisi olması doğaldır. Toplu iş sözleşmesi kapsama oranını etkileyen diğer bir unsur, toplu iş sözleşmesinin düzeyidir. Toplu iş sözleşmesinin düzeyi, sözleşmenin kapsayacağı alan olarak tanımlanmaktadır (Akyiğit, 2022: 397). Birden fazla işverenin olduğu toplu iş sözleşmelerinde söz konusu düzey yükselmektedir. Bu bağlamda bazı Avrupa ülkelerinde sendikalaşma oranının çok üzerinde toplu iş sözleşmesi kapsama oranına ulaşılabilmektedir. Sözgelimi Avusturya’da işkolu bazında yapılan bir toplu iş sözleşmesi, o işkolundaki tüm işçilere uygulanmaktadır. Nitekim Avusturya’da toplu iş sözleşmesi %98 düzeyindedir. Bu bağlamda toplu iş sözleşmesi düzeyinin yasal düzenlemelerle yükseltilmesi, sendikalaşma oranından bağımsız olarak toplu iş sözleşmesi kapsama oranı üzerinde yükseltici bir etkiye sahip olmaktadır. Söz konusu yasal düzenlemelerin bulunmadığı ülkelerde ise toplu iş sözleşmesi kapsama oranının sendikalaşma oranı ile orantılı olduğu ifade edilebilir (Visser vd., 2017: 6). Toplu iş sözleşmesi kapsama oranını etkileyen diğer bir faktör teşmil uygulamasıdır. Teşmil, yürürlükte olan bir toplu iş sözleşmesinin o işkolunda çalışan diğer işçileri de kapsayacak şekilde genişletilmesi olarak tanımlanabilir (Subaşı, 2013: 209). Bu çerçevede toplu iş sözleşmesinin hükümleri, o işkolundaki sendikalı ve sendikasız tüm işçilere teşmil edilmektedir (Egemen, 1992: 60). Fransa’da sendikal yoğunluk %8 civarında olmasına karşılık teşmil uygulaması etkin bir şekilde uygulanması ile toplu iş sözleşmesi kapsama oranı %98 düzeyine çıkarılabilmektedir. (Oesingmann, 2016: 62). Almanya’da ise teşmil uygulaması bulunmasına rağmen çok yaygın kullanılmamaktadır. Nitekim son dönemde Almanya’da toplu iş sözleşmesi kapsamının giderek düştüğü görülmektedir (Jirjahn, 2015: 4). Danimarka, Malta, İngiltere, Yunanistan gibi ülkelerde ise teşmil uygulaması bulunmamaktadır. Türkiye’de de zorunlu teşmile ilişkin yasal bir düzenleme bulunmamakla birlikte sendikaların veya Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının talebi üzerine Cumhurbaşkanını, teşmil müessesini işletebilmektedir (Mülayim, 2023: 140).

Yukarıda ifade edildiği gibi toplu iş sözleşmesi kapsama oranını etkileyen faktörler, genel olarak hukuki açıdan ele alınmaktadır. Bu çalışmada ise toplu iş sözleşmesi kapsama oranını etkileyen iktisadi değişkenler araştırılmıştır. Sendikalaşma olgusunu piyasa ekonomisi dışında düşünmek ve salt hukuki bir süreç olarak ele almak eksik bir analiz olarak değerlendirilmektedir. Nitekim makroekonomik faktörlerin emek piyasası üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde söz konusu faktörlerin sendikalaşmaya ve toplu iş sözleşmesi kapsama oranına yansımalarının bulunması kaçınılmazdır. Sözgelimi enflasyonun yüksek olduğu dönemlerde firmaların gelecekteki beklentileri olumsuzla dönebilmekte ve firmalar emek maliyetlerinin artmasını önlemeye çalışmaktadır. Bu çerçevede işletmelerin sendikal örgütlenmenin önüne engeller koyabileceği ve sendikalaşmanı düşeceği ifade edilebilir. Öte yandan sendikalaşma oranının tüm dünyada sanayi sektöründe daha yüksek olduğu bilinmektedir. Bu yönüyle sanayi lehine gerçekleşecek yapısal bir değişimin sendikalaşmayı arttırması doğaldır. Bu çalışmada Türkiye ekonomisi için bazı makroekonomik faktörlerin toplu iş sözleşmesi kapsama oranı üzerindeki etkilerinin saptanması amaçlanmaktadır. Bu yönüyle piyasa koşullarının toplu iş sözleşmesi kapsamına hangi mekanizmalar yoluyla etki ettiği tartışmaya açılmaktadır. Bir başka ifadeyle iktisadi gelişmeler ile toplu iş sözleşmesi kapsama oranının birlikte hareket edip etmediğinin ortaya konması bu çalışmanın önemli bir çıktısı oluşturmaktadır.

## Literatür

Literatürde sendikalaşma ve toplu iş sözleşme kapsama oranını etkileyen faktörlere ilişkin çalışmalar, yukarıda da ifade edildiği gibi genel olarak hukuki ve sosyal çerçevede ele alınmıştır. Görmüş (2020), çalışmada toplu iş sözleşmesi kapsama oranını etkileyen faktörleri karşılaştırmalı endüstri ilişkileri temelinde analiz etmiştir. Çalışmanın sonucunda toplu iş sözleşmesi kapsama oranı ile sendikal yoğunluk, toplu pazarlık koordinasyon derecesi, teşmil uygulamasının kullanım sıklığı arasında orta düzeyli bir korelasyon bulunmuştur. Ayrıca işveren örgütlenme yoğunluğu ve baskın toplu pazarlık düzeyi arasında yüksek düzeyli korelasyon tespit edilmiştir. Mülayim (2023), toplu iş sözleşmesi kapsamını etkileyen faktörleri açıkladığı çalışmada sendikal yoğunluk ile toplu iş sözleşme kapsama oranı arasında doğru orantı olduğunu ifade etmiştir. Çalışmada toplu iş sözleşmesinin düzeyi ve teşmil mekanizmasının da toplu iş sözleşme kapsama oranına etki ettiği değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın literatürden farkı, toplu iş sözleşmesi kapsama oranının iktisadi değişkenler ile ilişkilendirilmiş olmasıdır. Literatürde iktisadi değişkenlerle toplu iş sözleşme kapsamı arasındaki ilişkileri ele alan çok sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Oswald (1982), sendikalaşmadaki artışın ücretleri yükselteceğini, bu mekanizma ile istihdam ve üretimin düşeceğini ifade etmiştir. Blanchard ve Summers (1986), çalışmalarında 1980’li yıllar için yüksek sendikal yoğunluğun doğal işsizlik oranını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Ramjas (1989), sendikalaşma oranındaki artışın işçi verimliliği üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğunu saptamıştır. Bean ve Crafts (1995), çalışmalarında sendikalaşmadaki artışın toplam faktör verimliliği üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğunu ifade etmişlerdir. De Groot (2001), çalışmada sendikaların ücretler genel düzeyini arttıracaklarını, ücretlerdeki artışın verimlilik artışları ile telafi edilemezse enflasyonu arttıracaklarını saptamıştır. Daveri ve Tabellini (2000), çalışmalarında vergilendirme süreçlerinin iktisadi etkilerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda aşırı vergilendirmenin işçilere yansıtılması halinde işgücü maliyetlerinin artacağı ve işsizliğin artarak sendikalaşma oranını düşüreceği saptanmıştır. Van Reenen (1996) ve Wrigles (2002), yaratıcı işletmelerin daha yüksek ücret öderken rekabetçi işletmelerde ücretler genel düzeyinin düşük olduğunu ifade etmektedirler.

Bu bağlamda sendikalar güçlenmekte, araştırma-geliştirme çalışmalarına kaynak aktarılamamaktadır. Bu durum ise büyümenin yavaşlamasına neden olmaktadır. Turnbull (2003), çalışmasında sendikalaşmanın GSYH büyümesini yavaşlattığını tespit etmiştir. Baker vd. (2005), çalışmasında toplu iş sözleşmesi kapsamı ile işsizlik arasında önemi sayılabilecek bir ilişki bulmuştur. Murtin vd. (2014), çalışmalarında toplu iş sözleşme kapsama oranının sendikalaşma oranından daha büyük olması durumunda ücretlerin katı hale geleceğini ve bu durumun istihdama zarar vereceğini tespit etmişlerdir. Barbier-Gauchard vd. (2023), yaptıkları çalışmada sendikalaşmanın güçsüz olması halinde nominal ücretlerin ve istihdamın düştüğünü belirlemişlerdir. Bu durum enflasyon üzerinde aşağıya doğru baskı oluşturmaktadır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde sendikalaşma oranı ve toplu iş sözleşmesi kapsama oranı değişkenlerinin genel olarak işgücü piyasasıyla ilişkilendirildiği görülmektedir. Bu bağlamda çoğunlukla sendikalaşma oranı ve toplu iş sözleşme kapsama oranının işsizlik ve istihdam ile etkileşimi ele alınmıştır. Ayrıca Türkiye ekonomisi için sendikalaşma ve toplu iş sözleşmesi kapsama oranı ile iktisadi değişkenler arasındaki ilişkileri konu alan çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Peker ve Bölükbaş (2012), yaptığı çalışmada Türkiye ekonomisi için reel sektör güven endeksi, toplu iş sözleşmelerinin sayısı, üretici fiyat endeksi ve işsizlik arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmada 2000-2011 yılları arası dönem için aylık veriler kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda özel sektör toplu iş sözleşmesi sayısının işsizliği arttırdığı tespit edilmiştir. Tarı ve Bakkal (2017), yaptığı çalışmada Türkiye ekonomisi için işsizliğin belirleyicilerini 1980-2012 dönemi için araştırmışlardır. Çalışma sonucunda sendikalaşmadaki artışın işsizlik oranını yükselttiğini belirlemişlerdir. Sarıca (2023), 1987-2020 dönemi için sendikalaşma oranı, işsizlik oranı, ticari açıklık oranı ve kamu nihai tüketim harcamaları arasındaki eşbütünlük ve nedensellik ilişkilerini incelemiştir. Çalışmada ARDL sınır testi ve Toda Yamamoto nedensellik testi yöntemleri kullanılmış ve değişkenlerin eşbütünlük olduğu belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre sendikalaşma oranının işsizlik oranı üzerinde negatif etkisi bulunmaktadır. Ayrıca sendikalaşma oranı ile ticari açıklık oranı arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi saptanmıştır.

Bu çalışmada iktisadi değişkenlerin toplu iş sözleşmesi kapsama oranı üzerindeki etkileri kapsamlı bir biçimde ele alınmaktadır. Bu çerçevede ülkedeki ekonomik koşulların toplu iş sözleşmesi kapsamına olan etkilerinin tartışmaya açılması hedeflenmektedir.

### Veri Seti Ve Yöntem

Bu çalışmada veri seti olarak toplu iş sözleşmesi kapsama oranı, kişi başına gelir, sanayi sektörünün katma değer içindeki payı ve enflasyon değişkenleri kullanılmıştır. Toplu iş sözleşmesi kapsama oranı serisi, DİSK-AR (2019) ve DİSK-AR (2022) verilerinden elde edilmiştir. Diğer verilerin tamamı Dünya Bankası sitesinden alınmıştır. Çalışmanın veri aralığı 1988-2022 olarak belirlenmiştir. Ele alınan tüm seriler logaritmik değerleriyle analize dâhil edilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkinin tespiti için Johansen (1988) eşbütünlük testi ve ARDL sınır testi kullanılmıştır. Johansen eşbütünlük testinin gerçekleştirilebilmesi için serilerin durağanlık mertebelerinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu bağlamda tüm değişkenler için Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri uygulanmıştır. Ayrıca verilerin yapısı itibarıyla iki yapısal kırılmayı dikkate alan Zivot-Andrews birim kök testi kullanılmıştır.

Birim kök testleri, ekonometri literatüründe önemli bir yere sahiptir. İlk birim kök testi, Dickey ve Fuller (1979) tarafından geliştirilmiştir. Dickey-Fuller birim kök testi çerçevesinde sabitsiz model, sabitli model, sabitli ve trendli model şeklinde üç farklı model spesifikasyonu kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan zaman serilerinin yapısı itibarıyla sabitli ve trendli model spesifikasyonu uygulanmıştır. Söz konusu modelin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Yukarıdaki model, birinci mertebeden otoregresif bir model olarak tanımlanmıştır. Modelde  $\mu$  sabit terimi ifade etmektedir. Modelde yer alan trend,  $t$  ile ifade edilmiştir.  $\delta$  ise modelin parametresidir. Birim kök testinin temel ve alternatif hipotezleri aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$H_0 : \delta = 0 \quad (2)$$

$$H_1 : \delta < 0 \quad (3)$$

DF birim kök testinin uygulama aşamasında temel hipotezin sınanması için kullanılan kritik değerler, Dickey ve Fuller (1979) ve MacKinnon (1991) tarafından geliştirilmiş olup kullanılan model spesifikasyonuna göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan sabitli ve trendli model için  $\tau_t$  kritik değerleri kullanılmaktadır. Hipotez sınamasında kullanılan tau test istatistiği ise aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\tau = \frac{\hat{\delta}}{SE(\hat{\delta})} \quad (4)$$

DF testinin karar aşamasında (4) numaralı eşitlikteki gibi hesaplanan test istatistiği kritik değerlerle karşılaştırılmaktadır. Test istatistiğinin seçili anlamlılık seviyesinde kritik değerden büyük olması halinde (2) numaralı eşitlikte ifade edilen birim kök temel hipotezi reddedilememektedir. Bir başka ifadeyle analiz edilen serinin birim kök süreci izlediği sonucuna ulaşılmaktadır.

Yukarıda (1) numaralı eşitlikte görüldüğü gibi  $Y_t$  zaman serisinin birinci mertebeden otoregresif modele uyduğu varsayılmaktadır. Ancak zaman serileri her zaman birinci mertebeden otoregresif süreç izlemeyebilir. Herhangi bir zaman serisi birinci mertebeden farklı otoregresif bir modele uygunluk gösterdiği halde (1) numaralı eşitlikteki gibi ifade edilirse hata terimlerinde otokorelasyon sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu durumda Dickey-Fuller dağılımı geçersiz hale gelmektedir (Harris ve Sollis, 2003: 42-46). Dickey ve Fuller (1981), söz konusu otokorelasyon sorununu gidermek amacıyla uygulanan model spesifikasyonuna göre kullanılan eşitliğin sağ tarafına bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerini ilave etmeyi önermişlerdir. Bu bağlamda ortaya konan test, Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi olarak adlandırılmıştır. Söz konusu değişiklik yapıldığında sabitli ve trendli model olarak ifade edilen (1) numaralı eşitlik aşağıdaki biçime dönüşmektedir.

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \delta_i \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

ADF test süreci, DF testiyle aynıdır. Temel ve alternatif hipotezler, (2) ve (3) numaralı eşitliklerdeki gibi ifade edilmektedir. Ayrıca karar aşamasında yine Dickey-Fuller veya MacKinnon kritik değerleri kullanılmaktadır (Harris, 1995: 32-36).

Bu çalışmada uygulanan diğer birim kök testi Phillips-Perron (PP) birim kök testidir. Phillips ve Perron (1988) tarafından geliştirilen PP testinin ADF testinden farkı, hata terimlerinin otokorelasyonsuz olma varsayımının gevşetilmiş olmasıdır (Enders, 2010: 229). PP testi, Dickey-Fuller istatistiğinin parametrik olmayan modifikasyonu olarak da ifade edilebilir (Çil, 2018: 299). Phillips ve Perron (1988), modele bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerini eklemek yerine test istatistiğini değiştirmişlerdir (Mills ve Markellos, 2008: 80). PP testi çerçevesinde kullanılan test istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Z_\alpha = T(\hat{\delta} - 1) - CF \quad (6)$$

PP testinde kullanılan kritik değerler DF testi ile aynıdır. Bu bağlamda (6) numaralı eşitlikteki gibi hesaplanan test istatistiğinin seçili anlamlılık düzeyinde kritik değerden büyük olması halinde birim kök durumunu ifade eden temel hipotez reddedilememekte ve analiz edilen serinin birim kök süreci izlediğine karar verilmektedir.

Bir zaman serisinde yapısal kırılmalar varsa ve söz konusu kırılmalar birim kök testinin içine alınmamışsa birim kök testinden elde edilen sonuçlar sapmalı olmaktadır. Sapma, birim kök temel hipotezinin kabulüne doğru gerçekleşmektedir. Bu bağlamda yapısal kırılmanın varlığı durumunda yapısal kırılmalı birim kök testleri geleneksel birim kök testlerine göre üstünlük arz etmektedir. Bu çalışmada düzeyde ve eğimde bir yapısal kırılmayı dikkate alan Zivot-Andrews (ZA) birim kök testi kullanılmıştır. Zivot ve Andrews (1992) tarafından geliştirilen ZA birim kök testi, bir yapısal kırılmayı dikkate almakta ve kırılma tarihi test sürecinde içsel olarak belirlenmektedir. ZA testinde düzeyde, eğimde ve hem düzeyde hem eğimde bir yapısal kırılmayı dikkate alan üç farklı model spesifikasyonu kullanılmaktadır. Bu çalışmada düzeyde ve eğimde bir yapısal kırılmayı dikkate alan model spesifikasyonu kullanılmış olup testin temel ve alternatif hipotezleri aşağıdaki gibidir.

$$Y_t = \mu + Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (7)$$

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \theta_1 DU_t(\lambda) + \gamma_1 DT_t(\lambda) + \sum_{i=1}^k d_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (8)$$

Yukarıdaki denklemlerde kullanılan kukla değişkenler aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$DU_t(\lambda) = \begin{cases} 1, & t > TB \text{ ise} \\ 0, & t \leq TB \text{ ise} \end{cases} \quad (9)$$

$$DT_t(\lambda) = \begin{cases} t - TB, & t > TB \text{ ise} \\ 0, & t \leq TB \text{ ise} \end{cases} \quad (10)$$

$$\lambda = \frac{TB}{T} \quad (11)$$

Bu çerçevede ZA testinin temel ve alternatif hipotezi aşağıdaki gibidir.

$$H_0 : \delta = 0 \quad (12)$$

$$H_1 : \delta < 0 \quad (13)$$

Yukarıdaki parametre tahminlerine ilişkin olası tüm kırılmalar için t istatistikleri hesaplanmakta ve t istatistiğinin minimum olduğu noktada kırılma tarihi, içsel olarak belirlenmektedir. Söz konusu minimum test istatistiği, karar aşamasında Zivot ve Andrews (1992) tarafından geliştirilen kritik değerlerle karşılaştırılmaktadır. Hesaplanan test istatistiği kritik değerden büyükse temel hipotez reddedilememekte ve serinin birim kök süreci izlediğine karar verilmektedir.

Değişkenler arasındaki ilişkinin belirlenmesi için birim kök testlerinden elde edilen bilgiler önem arz etmektedir. Granger ve Newbold (1974), durağan olmayan zaman serileriyle çalışıldığında, aralarında ilişki olmayan verilerden ilişki varmış gibi sonuçlara ulaşılabileceğini ortaya koymuşlardır. Bu durum, literatürde sahte regresyon olarak tanımlanmaktadır. Ancak durağan olmayan zaman serilerinin doğrusal bir bileşimi durağan olabilmektedir. Bu değişkenler eşbütünleşik olarak ifade edilmektedir (Maddala ve Kim, 2004: 34). Eşbütünleşme kavramı, serilerin durağan olmaları dahi uzun dönemde birlikte hareket etmesi olarak da tanımlanabilir (Hamilton, 1994: 571).

Literatürdeki ilk eşbütünleşme testi Engle ve Granger (1987) tarafından geliştirilmiştir. Engle-Granger testi çerçevesinde öncelikle analiz edilen iki zaman serisi için regresyon denklemi kurulmaktadır. Ardından regresyon denkleminin tahmininden elde edilen kalıntılara DF birim kök testi uygulanmaktadır. DF testi sonucunda kalıntı serisi durağan bulunursa iki serinin eşbütünleşik olduğu sonucuna varılmaktadır. DF birim kök testi uygulamasında Dickey-Fuller kritik değerleri yerine Engle ve Granger (1987) tarafından geliştirilen kritik değerler kullanılmaktadır. Engle-Granger eşbütünleşme testi, sadece iki değişken arasındaki uzun dönem denge ilişkisini ortaya koyabilmektedir. Ayrıca Engle-Granger testinde bağımlı değişken seçimine göre birbirinden farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu eksiklikleri gidermek üzere Johansen (1988) tarafından yeni bir eşbütünleşme testi geliştirilmiştir. Johansen testi ile birden fazla eşbütünleşme vektörünün bulunduğu durumlarda da analiz yapmak mümkündür. Johansen eşbütünleşme testi çerçevesinde öncelikle tüm değişkenlerin bağımlı değişken olarak ele alındığı VAR (Vektör Otoregresif) modeli kurulmaktadır. VAR modelinin tahmininden elde edilen katsayılar matrisinin rankı eşbütünleşme vektörlerinin sayısını ifade etmektedir. Söz konusu matrisin rankı sifıra eşitse seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Eşbütünleşme vektörlerinin sayısını bulmak için katsayılar matrisinin karakteristik köklerini kullanmak da mümkündür (Brooks, 2008: 351). Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmuyorsa karakteristik kökler ve rank sifıra eşittir. Ancak katsayılar matrisinin rankı bire eşitse birinci kök ( $\lambda_1$ ) sifır ile bir arasında değer almakta, diğer karakteristik kökler ( $\lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ ) sifıra eşit olmaktadır. Karakteristik köklerin sayısının birden farklı olmasının belirlenmesi için kullanılan test istatistikleri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Enders, 2010: 404).

$$\lambda_{trace}(r) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (14)$$

$$\lambda_{max}(r \setminus r+1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (15)$$

Johansen ve Juselius (1990),  $\lambda_{trace}$  ve  $\lambda_{max}$  istatistikleri için kritik değerler üretmişlerdir. Hesaplanan test istatistiklerinin kritik değerlerden büyük olması durumunda r sayıda eşbütünleşme vektörü olduğunu ileri süren sifır hipotezi reddedilmektedir. Bir başka ifadeyle değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğu karar verilmektedir.

Johansen eşbütünleşme testinin uygulanabilmesi için değişkenlerin aynı mertebeden durağan olması gerekmektedir. Bu bağlamda eşbütünleşme testine geçmeden önce birim kök testlerinin yapılması önem arz etmektedir. Modelin gecikme uzunluğu ise VAR modelinin kurulması aşamasında belirlenmektedir. Hata terimlerinin durağanlığı açısından gecikme uzunluğunun doğru belirlenmesi de ayrıca önemlidir (Sevütekin ve Çınar, 2017: 582).

## Bulgular

Yöntem kısmında açıklandığı üzere öncelikle değişkenlerin durağanlık durumu araştırılmıştır. Bu bağlamda ADF ve PP birim kök testleri uygulanmıştır. Söz konusu test sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur. Her iki testte de sabitli ve trendli model uygulanmıştır.

Tablo 3’te sunulan sonuçlar hem düzey değerleriyle hem de birinci fark değerleriyle elde edilen sonuçları göstermekte ve Johansen eşbütünleşme testi açısından önem taşıyan durağanlık mertebelerinin belirlenmesi hedeflenmektedir.

**Tablo 3.** ADF ve PP Birim Kök Testi Sonuçları

<b>Düzy</b>				
	<b>Toplu Sözle mesi Kapsama Oranı</b>	<b>Enflasyon</b>	<b>Sanayi KD/GSYH</b>	<b>Kişi Başına Gelir</b>
ADF İstatistiği	-0,553428	-0,723740	-0,886679	-1,499776
PP İstatistiği	-0,677505	-0,824227	-0,886679	-1,587741
Kritik Değer	-3,552973	-3,552973	-3,552973	-3,552973
<b>Birinci Farklar</b>				
ADF İstatistiği	-6,248372**	-4,871563**	-4,843305**	-6,054405**
PP İstatistiği	-6,208120**	-4,868392**	-4,832591**	-6,054405**
Kritik Değer	-3,557759	-3,557759	-3,562882	-3,557759

\*%5 anlamlılık düzeyi, \*\*%1 anlamlılık düzeyi

Tablo 3’te görüldüğü gibi değişkenlere düzey değerleriyle uygulanan birim kök testleri sonucunda hesaplanan test istatistikleri kritik değerlerden büyük bulunmuştur. Bu bağlamda tüm değişkenler için gerek ADF gerekse PP testi ile birim kök temel hipotezi reddedilememiştir. Bir başka ifadeyle tüm değişkenler düzey değerleriyle birim kök süreci izlemektedir. Tablo 3’ün ikinci kısmında birinci fark değerleriyle uygulanan birim kök testi sonuçları verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere tüm değişkenler için hesaplanan test istatistikleri kritik değerlerden küçüktür. Birim kök temel hipotezi reddedilmiştir. Bir başka ifadeyle analiz edilen serilerin tamamı birinci mertebeden durağandır. Ayrıca verilerin yapısı itibariyle bir yapısal kırılmayı dikkate alan Zivot-Andrews birim kök testi uygulanmış, düzeyde ve eğimde bir yapısal kırılmayı dikkate alan model spesifikasyonuna ilişkin test sonuçları Tablo 4’te sunulmuştur.

**Tablo 4.** Zivot-Andrews Birim Kök Testi Sonuçları

<b>Düzy</b>				
	<b>Toplu Sözle mesi Kapsama Oranı</b>	<b>Enflasyon</b>	<b>Sanayi KD/GSYH</b>	<b>Kişi Başına Gelir</b>
Gecikme	4	4	3	4
Kırılma Tarihi	2013	2003	2010	2004
Test İstatistiği	-4,204084	-4,194367	-3,996980	-3,706478
<b>Birinci Farklar</b>				
Gecikme	4	4	1	0
Test İstatistiği	-5,257699*	-6,830856**	-6,151200**	-7,222869**

Kritik Değerler: 5,57 (%1), 5,08 (%5), \*%5 anlamlılık düzeyi, \*\*%1 anlamlılık düzeyi

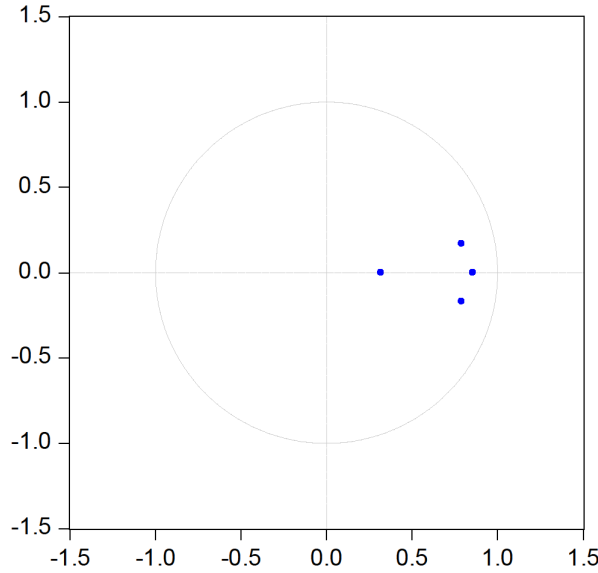
Tablo 4’teki sonuçlar incelendiğinde düzey değerleriyle tüm değişkenler için hesaplanan test istatistikleri kritik değerlerden büyüktür. Bu bağlamda değişkenler birim köklü bulunmuştur. Birinci fark serileri ise düzeyde ve eğimde bir yapısal kırılma ile trend durağandır.

Değişkenler birinci mertebeden durağan bulunduğuna göre Johansen eşbütünleşme testinin ilk varsayımının sağlandığı ifade edilebilir. Bu aşamada VAR model kurularak modelin gecikme uzunluğu belirlenmiştir. Gecikme uzunluğunun belirlenmesi için kullanılan bilgi kriterlerine ilişkin sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur.

**Tablo 5.** Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Gecikme	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	133,7534	NA	3,53e-09	-8,109585	-7,926368	-8,048854
1	232,2794	<b>166,2627</b>	<b>2,05e-11</b>	<b>-13,26746</b>	<b>-12,35138</b>	<b>-12,96381</b>
2	237,6791	7,762087	4,20e-11	-12,60494	-10,95599	-12,05836

Tablo 5'te görüldüğü gibi bilgi kriterlerinin kullanılması sonucunda modelin gecikme uzunluğu 1 olarak belirlenmiştir. Kurulan modelin istikrar koşulunu sağlaması da Johansen eşbütünleşme testinin yapılabilmesi açısından önem arz etmektedir. İstikrar koşulunun sağlanabilmesi için AR karakteristik polinomunun ters köklerinin birim çember içinde olması gerekmektedir. Söz konusu durum Şekil 1'de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** AR Karakteristik Polinomu Ters Köklerinin Birim Çember İçindeki Konumu

Şekil 1'de görüldüğü gibi tüm ters kökler birim çemberin içindedir. Modelin istikrar koşulunun sağlandığı söylenebilir. Bu aşamada Johansen eşbütünleşme testinin uygulanmasına geçilmiş ve test sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur.

**Tablo 6.** Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları

$H_0$	$H_1$	Eigenvalue	Trace İstatistiği	Kritik Değer (%5)	$H_1$	Max-Eigen İstatistiği	Kritik Değer (%5)
$r = 0$	$r \geq 1$	0,565791	58,89134	47,85613	$r = 1$	26,69536	27,58434
$r \leq 1$	$r \geq 2$	0,433520	32,19597	29,79707	$r = 2$	18,18604	21,13162
$r \leq 2$	$r \geq 3$	0,213194	14,00993	15,49471	$r = 3$	7,672734	14,26460
$r \leq 3$	$r \geq 4$	0,179661	6,337195	3,841466	$r = 4$	6,337195	3,841466

Tablo 6'da görüldüğü gibi  $H_0 : r = 0$  ve  $H_1 : r \geq 1$  hipotezleri için trace istatistiği %5 anlamlılık düzeyinde kritik değerden daha



büyüktür.  $H_1$  hipotezi kabul edilerek teste devam edilmiştir.  $H_0 : r \leq 1$  ve  $H_1 : r \geq 2$  hipotezleri için de aynı durum geçerlidir. Ancak  $H_0 : r \leq 2$  ve  $H_1 : r \geq 3$  hipotezleri için hesaplanan trace istatistiğinin kritik değerden daha küçük olduğu görülmektedir. Bu çerçevede  $H_1$  hipotezi reddedilerek değişkenler arasında en fazla 2 eşbütünlüşme vektörünün bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Max-Eigen istatistiğine göre ise  $H_0 : r = 0$  ve  $H_1 : r = 1$  hipotezleri için istatistik değeri kritik değerden daha küçüktür. Bir başka ifadeyle  $H_1$  hipotezi reddedilerek değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisi bulunamamıştır. Test sonuçları değerlendirildiğinde trace istatistiği çerçevesinde eşbütünlüşme kanıtlarının elde edildiği söylenebilir.

Değişkenler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisinin geçerli olabilmesi için hata terimleri arasında otokorelasyon olmaması, hata terimlerinin normal dağılıma uygun olması ve sabit varyans varsayımlarının sağlanması gerekmektedir. Bu bağlamda öncelikle otokorelasyon sorunu LM testi ile sınanmış ve test sonuçları Tablo 7’de sunulmuştur.

**Tablo 7.** LM Otokorelasyon Testi Sonuçları

Gecikme	F İstatistiği	Olasılık
1	0,764182	0,7183
2	1,010097	0,4581

Tablo 7’de görüldüğü gibi olasılık değerleri 0,05’ten büyüktür. Hata terimleri arasında otokorelasyon bulunmadığını öne süren temel hipotez reddedilememiştir. Bir başka ifadeyle otokorelasyonsuzluk varsayımı sağlanmıştır. Sabit varyans varsayımının sınanması için White testi uygulanmış ve test sonuçları Tablo 8’de sunulmuştur.

**Tablo 8.** White Değişken Varyans Testi Sonuçları

Ki-Kare İstatistiği	Olasılık
90,56712	0,1967

Tablo 8’de olasılık değerinin 0,05’ten büyük olduğu görülmektedir. Sabit varyansı ileri süren temel hipotez reddedilememiştir. Bir başka ifadeyle sabit varyans varsayımı da sağlanmıştır. Hata terimlerinin normal dağılıp dağılmadığı ise Jarque-Bera testi ile sınanmış ve test sonuçları Tablo 9’da sunulmuştur.

**Tablo 9.** Jarque-Bera Testi Sonuçları

Joint	Olasılık
7,156243	0,5199

Tablo 9’da görüldüğü gibi olasılık değeri 0,05’ten büyüktür. Hata terimlerinin normal dağılıma uygun olduğunu öne süren temel hipotez reddedilememiştir. Bu bağlamda normallik varsayımının da sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır. Varsayımların sınanmasının ardından uzun dönem katsayılarının tahminine geçilmiştir. Tahmin sonuçları Tablo 10’da özetlenmiştir.

**Tablo 10.** Uzun Dönem Katsayı Tahminleri (Bağımlı Değişken: Toplu İş Sözleşmesi Kapsama Oranı)

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık
Sanayi KD/GSYH	3,397089	0,43791	7,75744	0,0000
Kişi Başına Gelir	-1,177468	0,12723	-9,25482	0,0000
Enflasyon	-0,485817	0,08332	-5,83090	0,0000
Sabit	1,242414			

Tablo 10'daki t istatistikleri incelendiğinde tümünün mutlak değer olarak %5 anlamlılık düzeyinde kritik değerlerden (1,96) büyük olduğu görülmektedir. Bir başka ifadeyle katsayılar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Model logaritmik olduğu için tüm katsayılar esneklik olarak değerlendirilebilir. Sanayi katma değerinin GSYH içindeki payında yaşanan %1'lik artış, sendikalaşma oranını yaklaşık olarak %3,40 oranında arttırmaktadır. Kişi başına gelirdeki %1'lik artış ise sendikalaşma oranını yaklaşık %1,18 oranında düşürmektedir. Enflasyon oranındaki %1'lik artışın ise sendikalaşma oranını yaklaşık olarak %0,49 düşürdüğü görülmektedir. Eşbütünleşme ilişkisinin geçerli olabilmesi için kısa dönemde yaşanan sapmaların uzun dönemde ortadan kalkması önem arz etmektedir. Bu çerçevede hata düzeltme modeli kurulmuştur. Hata düzeltme modeli, hata terimlerinin bir dönem gecikmeli değerleri ile oluşturulmaktadır. Hata düzeltme modeli sonuçları Tablo 11'de sunulmuştur.

**Tablo 11.** Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği
Sanayi KD/GSYH (-1)	-7,379034	1,04923	-7,03281
Kişi Başına Gelir (-1)	1,359182	0,29076	4,67457
Enflasyon (-1)	0,980225	0,18865	5,19595
Sabit	3,153273		
Hata Düzeltme Terimi	-0,815981	0.20541	-3.97239

Hata düzeltme modelinin çalışması için hata düzeltme terimi parametresinin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması gerekmektedir. Tablo 11'de görüldüğü gibi hata düzeltme terimi parametresi negatiftir. Ayrıca t istatistiği incelendiğinde mutlak değer olarak %5 anlamlılık seviyesinde kritik değerden (1,69) büyük olduğu görülmektedir. Bir başka ifadeyle hata düzeltme terimi parametresi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Hata düzeltme modeli çalışmaktadır. Kısa dönemde ortaya çıkan sapmalar 1,23 (1/0,815981) dönem sonra ortadan kalkarak uzun dönem dengesi yeniden kurulmaktadır. Daha açık söylemek gerekirse kısa dönemde eşbütünleşme ilişkisinden sapma meydana geldiğinde, söz konusu sapmanın etkisi yaklaşık 1 yıl 3 ay sonra giderilmekte ve tekrar uzun dönem denge ilişkisine dönüşmektedir.

Analiz edilen döneme ilişkin gözlem sayısının düşük olması nedeniyle ayrıca ARDL sınır testi uygulanmış ve sınır testi sonuçları Tablo 12'de sunulmuştur.

**Tablo 12.** Sınır Testi Sonuçları

F İstatistiği	3,708453*
Alt ve üst kritik değerler (%1)	4,614-5,966
Alt ve üst kritik değerler (%5)	3,272-4,306
Alt ve üst kritik değerler (%10)	2,676-3,586

\*%10 anlamlılık düzeyi, \*\*%5 anlamlılık düzeyi, \*\*\*%1 anlamlılık düzeyi.

Tablo 12'de görüldüğü gibi hesaplanan test istatistiği %10 anlamlılık düzeyinde alt ve üst kritik değerlerin arasındadır. Bu bağlamda değişkenler arasında eşbütünleşme kanıtı elde edildiği söylenebilir. Uzun dönem parametre tahminleri Tablo 13'te sunulmuştur.

**Tablo 13.** ARDL Uzun Dönem Katsayı Tahminleri (Bağımlı Değişken: Toplu İş Sözleşmesi Kapsama Oranı)

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık
Sanayi KD/GSYH	4,734495	1,304680	3,628855	0,0016
Kişi Başına Gelir	-0,672383	0,195717	-3,435495	0,0025
Enflasyon	-0,398531	0,163998	-2,430100	0,0241
Sabit	-2,744366	1,790352	-1,532864	0,1402

Tablo 13’te görüldüğü gibi ARDL Sınır testinden elde edilen sonuçlar Johansen eşbütünleşme testi sonuçlarıyla uyumludur. Ancak eşbütünleşme ilişkisi %10 anlamlılık düzeyinde bulunabilmiştir. Öte yandan Johansen eşbütünleşme testi, eşanlı denklemler sistemi ile eşbütünleşme ilişkisini analiz etmekte ve elde edilen uzun dönem katsayılarının bağımlı değişken üzerindeki etkisinin ne kadarının kendisinden ne kadarının diğer değişkenlerden kaynaklandığı tam olarak yorumlanamamaktadır. Bu bağlamda daha robust sonuçlar elde etmek amacıyla eşbütünleşmeye dayalı bir regresyon tahmin yöntemi olan Tam Düzeltilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (FMOLS) ile uzun dönem parametre tahminleri tekrar yapılmıştır ve tahmin sonuçları Tablo 14’te sunulmuştur.

**Tablo 14.** FMOLS Uzun Dönem Katsayı Tahminleri (Bağımlı Değişken: Toplu İş Sözleşmesi Kapsama Oranı)

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık
Sanayi KD/GSYH	2,188787	0,400005	5,471892	0,0000
Kişi Başına Gelir	-0,765476	0,122344	-6,256774	0,0000
Enflasyon	-0,190767	0,081658	-2,336165	0,0266
Sabit	1,039556	0,666176	1,560481	0,1295

Tablo 14’teki sonuçların daha robust olduğu göz önüne alınarak sonuç kısmında FMOLS tahminleri dikkate alınmıştır. Model logaritmik olarak kurulduğu için elde edilen katsayı tahminleri esneklik olarak değerlendirilebilir.

## Sonuç

Günümüzde sendikalaşma hakkı, demokrasinin önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Sendikalaşma oranının yüksek olması, işçi hakları açısından önem arz etmektedir. Ancak sendikalaşma oranı tek başına bir anlam ifade etmemekte, grevli toplu sözleşme hakkıyla bir bütün olarak değerlendirilmektedir (Tanör, 1978: 290-292). Bu bağlamda toplu iş sözleşmesi kapsama oranının sendikalaşma oranı ile birlikte ele alınması daha anlamlıdır. Sendikalaşma oranı sendika üyesi işçilerin kayıtlı çalışan tüm işçilere oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan toplu iş sözleşmesi kapsama oranı ise toplu iş sözleşmesinden yararlanan işçilerin kayıtlı ve kayıt dışı tüm işçilere oranı olarak ifade edilmektedir. Toplu iş sözleşmesi kapsama oranı, işçilerin hak kullanımı hakkında daha sağlıklı bilgi sunduğu için sendikalaşma oranına tercih edilmiştir.

Toplu iş sözleşmesi kapsama oranı, çalışmanın bağımlı değişkeni olarak ele alınmıştır. Literatürde genel olarak sendikalaşma oranını ve toplu iş sözleşmesi kapsama oranını etkileyen faktörler olarak hukuki ve sosyal unsurlar dikkate alınmıştır. Bu çalışmada ise toplu iş sözleşmesi kapsama oranı, iktisadi değişkenlerin bir fonksiyonu olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın bağımsız değişkenleri; sanayi sektörü katma değerinin GSYH içindeki payı, kişi başına milli gelir ve enflasyon oranı olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan veri aralığı ise 1988-2022 yılları arasındadır. Öncelikle eşbütünleşme testi yapılmış ve değişkenlerin uzun dönem eşbütünleşme dengesi içinde buldukları tespit edilmiştir. Ardından uzun dönem parametre tahminleri yapılarak iktisadi değişkenlerin toplu iş sözleşmesi kapsama oranı üzerindeki etkilerinin yönü ve şiddeti belirlenmiştir. Ayrıca hata düzeltme modeli kurularak kısa dönem analizi yapılmıştır. Bu çerçevede kısa dönem sapmalarının uzun dönemde ortadan kalktığı belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre sanayi katma değerinin GSYH içindeki payında ortaya çıkan %1’lik artış, toplu iş sözleşmesi kapsama oranını yaklaşık olarak %2,19 oranında arttırmaktadır. Sendikalaşma eğiliminin genel olarak sanayi sektöründe daha yüksek olduğu değerlendirildiğinde böyle bir sonuç doğaldır. Ele alınan dönemde hizmet sektörünün diğer sektörler göre daha hızlı büyüdüğü ve sanayi sektörünün payının düştüğü değerlendirildiğinde sendikalaşma oranı ve toplu iş sözleşmesi kapsama oranının düşme eğilimine girmesi daha net olarak açıklanabilmektedir. Enflasyon oranındaki %1’lik artış ise toplu iş sözleşmesi kapsama oranını yaklaşık %0,19 düzeyinde düşürmektedir. Türkiye ekonomisi 1980 ve 1990’lı yıllarda yüksek enflasyon süreci yaşamıştır. 2003’ten itibaren düşme eğilimine giren enflasyon son yıllarda tekrar yükselmiştir. Bu bağlamda ele alınan dönemde toplu iş sözleşmesi kapsama oranındaki düşüş ile uyumlu bir sonucun ortaya çıktığı söylenebilir. Enflasyon oranındaki artışın reel ücretler ve istihdam düzeyini düşürdüğü ifade edilebilir. İşletmelerin girdi maliyetlerindeki artışların ücretler ve toplu iş sözleşmeleri üzerindeki baskılarla telafi edilmeye çalışıldığı değerlendirilebilir. Nitekim toplu pazarlık gücünün zayıf olduğu ülkelerde enflasyonist süreç, reel ücretlerde düşüşe yol açarak gelir dağılımı üzerinde de bozucu etki yapmaktadır. Bu çerçevede enflasyon oranının fiili toplu iş sözleşmesi kapsama oranı üzerindeki negatif etkisi açıklanabilir. Kişi başına milli gelirdeki %1’lik artış ise toplu iş sözleşmesi kapsama oranını yaklaşık olarak %0,77 oranında düşürmektedir. Bu sonucun Türkiye’deki fonksiyonel gelir dağılımı yapısı ile birlikte değerlendirilmesi önem arz etmektedir. DPT(2001) verilerine göre 1991 yılında emek gelirlerinin GSYH içindeki payı %32 düzeyindedir. Türkiye ekonomisi için finansal kriz yılı olan 1994’te ise söz konusu oran %26 düzeyine düşmüştür. 1990-1994 ortalaması ise %30 civarındadır. Kriz sonrasında da emek gelirlerinin GSYH içindeki payında düzelmeye görülmemiştir ve 1995-1999 ortalaması %24 olarak gerçekleşmiştir. 2001 yılında da Türkiye ekonomisi bir finansal kriz yaşamış

ve TÜİK (2023) verilerine göre emek gelirlerinin payı %25 olmuştur. Kriz sonrasında da yatay bir seyir izleyen emek gelirleri payında 1991 yılındaki düzey ancak 2016 yılında yakalanabilmiştir. Ancak 2016 yılından sonra tekrar gerileme eğilimi başlamış ve emek gelirlerinin payı 2022 yılında %24 seviyesine kadar düşmüştür. 2018-2022 yılları ortalaması ise %28 düzeyindedir. Özetle 1990 sonrasında fonksiyonel gelir dağılımının bozulduğu anlaşılmaktadır. Bu bağlamda büyümenin yapısının değiştiği ve artan refahtan işçilerin pay alamadığı ifade edilebilir. Bir başka ifadeyle iktisadi büyüme, emek gelirleri üzerinde pozitif bir etki ortaya çıkaramamaktadır. Hatta tam tersine büyümeye rağmen reel ücretlerde düşüş yaşandığı için emek geliri elde edenler daha yoksullaşmaktadır. Ücretler genel düzeyindeki düşüş ve istihdam yapısındaki değişimin bu mekanizma ile toplu iş sözleşmesi kapsama oranı üzerinde negatif etki yaptığı söylenebilir.

Toplu iş sözleşmesi kapsama oranının artması, gerek işçi hakları gerekse demokratikleşme açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları bağlamında değerlendirildiğinde sanayi lehine gerçekleştirilecek bir yapısal değişimin toplu iş sözleşmesi kapsama oranını yükselteceği söylenebilir. Yüksek enflasyon süreci günümüzün önemli sorunlarından biridir. Enflasyonla mücadele, beklentiler üzerinden gerçekleştirilmeli ve ekonomik risklerin azaltılması sağlanmalıdır. Enflasyondaki düşüşün toplu iş sözleşmesi kapsama oranını yükselteceği bu çalışmanın çıktılarından birini oluşturmaktadır. Ayrıca gelir dağılımının düzeltilmesine yönelik iktisat politikalarının uygulanmasının da toplu iş sözleşmesi kapsama oranını yükselteceği değerlendirilmektedir. Ayrıca iktisadi büyümenin toplumun tüm kesimlerine yayılması, ekonomik istikrarın sağlanması açısından da önem taşımaktadır. Bu çerçevede ücret gelirlerindeki aşınmayı önleyecek düzenlemeler, emek gelirleri lehine uygulanacak vergi politikaları, enflasyonla mücadele gibi unsurlar uygulamaya alınmalıdır.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Çıkar Çatışması:** Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed

**Conflict of Interest:** The author has no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The author declared that this study has received no financial support.

#### ORCID:

Atilla Aydın 0000 0002 9265 5930

#### KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akyiğit, E. (2022), *Toplu İş Hukuku*, İstanbul, Seçkin Yayınevi.
- Aydın, U. ve Keskin, Ö. (2015), “2821 Sayılı Kanundan 6356 Sayılı Kanuna: Türkiye’de Sendikalar Hukukunun Dönüşümü”, *Anadolu Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, No. 2: 1-41.
- Baker D., Glyn A., Howell D. ve Schmitt J. (2005), *Labor Market Institutions and Unemployment: Assessment of the Crosscountry Evidence*. in: Howell D (Ed.) *Fighting Unemployment: The Limits of Free Market Orthodoxy*. Oxford: Oxford University Press, Pp. 72–118.
- Barbier-Gauchard, A., Betti, T. ve De Palma, F. (2023), Monetary Policy with Weakened Unions 1, *Revue d'économie politique*, (4), 525-540.
- Bean, C. ve Crafts, N. (1995). British Economic Growth Since 1945: Relative Economic Decline and Renaissance? *Economic Growth in Europe Since*, 131- 172.
- Blanchard, O.J. ve Summers, L.H. (1986), Hysteresis and the European Unemployment Problem. *NBER Macroecon. Annu.*, 1: 15-78. <https://doi.org/10.1086/654013>
- Brooks, C. (2008), *Intoductory Econometrics for Finance*, Second Edition, Cambridge University Press.
- Çelik, A. ve Lordoğlu, K. (2006), Türkiye’de Resmi Sendikalaşma İstatistiklerinin Sorunları Üstüne, *Çalışma ve Toplum*, 2 (9), 11-30. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/ct/issue/71808/1155274>
- Çil, N. (2018), *Finansal Ekonometri*. Der Yayınları, İstanbul.
- Daveri, F. ve Tabellini, G. (2000), Unemployment, Growth and Taxation in Industrial Countries, *Econ. Policy*, 30: 47- 104. <https://doi.org/10.1111/1468-0327.00057>
- De Groot, H.L.F. (2001), Unemployment, Growth, and Trade Unions. *Growth Change*, 32(1): 69-91. <https://doi.org/10.1111/0017-4815.00150>
- Demircioğlu, A. M. (2009), Ulusal ve Uluslararası Hukukta Teşmilin Hukuki Boyutları ve Uygulaması, *Sicil İş Hukuk Dergisi*, No. 15: 120-121.
- Dickey, D. A. ve Fuller, W. A. (1979), Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American*

- Statistical Association*, 74(366), 427-431.
- Dickey D.A. ve Fuller W.A.(1981), Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica*, 49(4), ss.1057-1072.
- DİSK-AR (2019), *Sendikalaşma Araştırması*, <https://disk.org.tr/wp-content/uploads/2019/02/Sendikalaşma-Arastirmasi.pdf>
- DİSK-AR (2022), *Araştırma Bülteni*, <https://arastirma.disk.org.tr/wp-content/uploads/2022/04/Salgın-Doneminde-Isciler-Toplu-Is-Sozlesmesinden-Yoksun-Arastirma-Bulteni-1.pdf>
- DPT (2001), *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Gelir Dağılımının İyileştirilmesi ve Yoksullukla Mücadele Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Ankara, Erişim Tarihi: 11 Eylül 2023, <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Gelir-Dagiliminin-Iyilestirilmesi-ve-Yoksullukla-Mucadele-OIK-Raporu.pdf>
- Egemen, E. (1992), Toplu İş Sözleşmesinin Teşmili, *Sosyal Siyaset D.*, C. I, S. 4, Nisan 1992.
- Enders, W. (2010). *Applied Econometric Time Series*. Third Edition, Wiley, New York
- Engle, R.F. ve Granger, C.W.J. (1987). Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica*, 55, 251-76.
- Görmüş, A. (2020), Toplu Pazarlık Kapsamını Etkileyen Faktörler: Karşılaştırmalı Endüstri İlişkileri Temelinde Türk Endüstri İlişkileri Sisteminin Modernizasyonu, *Journal of Social Policy Conferences*, (78), 63-109. DOI: 10.26650/jspc.2020.78.0003
- Granger, C.W.J. ve Newbold, P. (1974), Spurious Regressions in Econometrics, *Journal of Econometrics*, 2, 111-120.
- Hamilton, J.D. (1994), *Time Series Analysis*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Harris, R. (1995), *Using Cointegration Analysis in Econometric Modelling*, Prentice Hall.
- Harris, R. ve Söllis, R. (2003), *Applied Time Series, Modelling and Forecasting*, John Wiley and Sons.
- ILO (1997), *World Labour Report 1997-1998*, Geneva,
- ILO. (2018), *Quick Guide on Sources and Uses of Collective Bargaining Statistics*, ILO Publications, International Labour Office, Geneva, Switzerland
- Jirjahn, U. (2015), *Research on Trade Unions and Collective Bargaining in Germany: The Contribution of Labor Economics*. Trier: Universität Trier.
- Johansen, S. (1988). Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal of Economics Dynamic and Control*, 12(2-3), 231–254.
- Johansen, S. ve Juselius, K. (1990), Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Applications to the Demand for Money, *Oxford Bulletin of economics and Statistics*, 52, 169-210.
- Kutal, M. (2014), Sendikalar ve Toplu İş Sözleşmesi Yasasının Kimi Hükümlerinin İptali İstemi, *Çalışma ve Toplum Dergisi*, (43), 13–28.
- MacKinnon, J.G. (1991), *Critical Values for Cointegration Tests*, Edited by Engle, R.F. and Granger, C.W.J., Long run economic relationship, Oxford University Press.
- Maddala, G.S. ve Kim, I.M. (2004), *Unit Roots, Cointegration and Structural Change*, Cambridge University Press, Sixth Printing.
- Mills, T.C. ve Markellos, R.N. (2008), *The Econometric Modelling of Financial Time Series, Third Edition*, Cambridge University Press.
- Muller, T. (2021), Collective Bargaining Systems in Europe- Some Stylised Facts, Brussels: *UNI Europa Regional Conference Paper*.
- Murtin F., Serres A. ve Hijzen A. (2014), Unemployment and the Coverage Extension of Collective Wage Agreements. *European Economic Review* 71: 52–66.
- Mülayim, B. O. (2023), Avrupa ve Ülkemizde Toplu İş Sözleşmesi Kapsama Oranı ve Bu Oranı Etkileyen Faktörler, *Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi* 5, 110-153.
- OECD (2023, OECD Statistics on Collective Bargaining Coverage, Erişim tarihi: 08 Eylül 2023, <https://stats.oecd.org/Index.aspx?QueryId=92378>
- Oesingmann, K. (2016), The Extension of Collective Agreements in Europe.’’ Cesifo Dice Report, *Journal For Institutional Comparisons* 14, no. 2, 59-64.
- Oswald, A.J. (1982), Trade Unions, Wages and Unemployment: What Can Simple Models Tell Us? *Oxf. Econ. Pap.*, 34(3): 526-545. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.oep.a041569>
- Peker, O. Ve Bölükbaş, M. (2012), Türkiye’de İşsizliği Belirleyen Faktörlerin Ampirik Bir Analizi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(3-4), 33-43.
- Phillips, P.C. ve Perron, P. (1988), Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75(2), ss.335-346.
- Pirler, B. (2013), Toplu İş İlişkileri Sistemimizde Yeni Döneme Başlarken Geride Bıraktıklarımız, *Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, No. özel sayı, 883-912.
- Ramjas. (1989), Impact of Trade Unions on Productivity: A Study of the Indian Chemical Industry. *Vikalpa J. Decis. 1581 Makers*, 14(2): 13-18. <https://doi.org/10.1177/0256090919890203>
- Sarıca, S. (2023). Türkiye’de Sendikalaşma Oranı, Ticari Açıklık Oranı ve Kamu Nihai Tüketim Harcamalarının İşsizlik Üzerine Etkisi: Ekonometrik Bir Analiz. *Sosyoekonomi*, 31(56), 411-440. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2023.02.19>
- Scheuer, S. (1997), Collective Bargaining Coverage Under Trade Unionism: A Sociological Investigation, *British Journal of Industrial Relations*, 35(1), 65–86.
- Sevütekin, M. ve Çınar, M. (2017), *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi*, 5. Baskı, Dora Yayınevi, Bursa.
- Subaşı, İ. (2013), 6356 Sayılı Sendikalar ve Toplu İş Sözleşmesi Kanununda Toplu İş Sözleşmesinin Teşmili, *Çalışma ve Toplum*, 4 (39), 209-246. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/ct/issue/71802/1155299>

- Tarı, R. ve Bakkal, H. (2017), Türkiye’de İşsizliğin Belirleyicileri, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 33, 1-18.
- Traxler, F. (1994), Collective Bargaining: Levels and Coverage, Chapter 5, In: *OECD Employment Outlook*, 167–94.
- Turnbull, P. (2003), What Do Unions Do Now? *Journal of Labor Research*, 24(3): 491-527. <https://doi.org/10.1007/s12122-003-1010-5>
- T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (2023), *Sendikal İstatistikler*, Erişim Tarihi: 10 Eylül 2023, <https://www.csgeb.gov.tr/istatistikler/calisma-hayati-istatistikleri/sendikal-istatistikler/isci-sayilari-ve-sendikalarin-uye-sayilari-hakkinda-tebligler/>
- TÜİK (2023), *Gayrisafi Yurt İçi Hasıla, Gelir Yöntemiyle Mevsim Etkisinden Arındırılmış Cari Fiyatlarla (Değer, Değişim Oranı)*, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=ulusal-hesaplar-113&dil=1>, Erişim Tarihi: 11 Eylül 2023.
- Van Reenen, J. (1996), The Creation and Capture of Rents: Wages and Innovation in a Panel of U.K. Companies, *Q. J. Econ.*, 111(1): 195-226. <http://dx.doi.org/10.2307/2946662>
- Visser, J., Hayter, S. ve Gammarano, R. (2017), *Trends in Collective Bargaining Coverage: Stability, Erosion Or Decline?*, Geneva: ILO.
- World Bank (2023), Inflation, Consumer Prices (Annual %), Erişim Tarihi: 10 Eylül 2023, <https://data.worldbank.org/indicator/FP.CPI.TOTL.ZG>
- World Bank (2023), Industry (Including Construction), Value Added (% of GDP), Erişim Tarihi: 10 Eylül 2023, <https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.ZS>
- World Bank (2023), GDP Per Capita (Current US\$), Erişim Tarihi: 10 Eylül 2023, <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>
- Wrigley, C. (2002), *British Trade Unions Since 1933*.
- Yorgun, S. (2013), Sosyal Politika Açısından 6356 Sayılı Sendikalar ve Toplu İş Sözleşmesi Kanunu, *Çalışma Ve Toplum*, 4(39), 357-380.
- Yorğun, S. (2023), Sendikaların Toplu Pazarlık Yetkisi ve Kamu Toplu İş Sözleşmeleri Çerçeve Anlaşma Protokolü’nün Hukuki Boyutu. *Çalışma ve Toplum*, 76(1).
- Zivot, E. ve Andrews, D. (1992), Further Evidence on the Great Crash, The Oil-Price Shock and The Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business Economic Statistics*. 10(3): 251- 270.

#### Atıf Biçimi / How cite this article

Aydın, A. (2024). Economic factors affecting the collective bargaining agreement coverage rate in Turkey: Cointegration approachy. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 134–150. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1387465>

# Kripto Piyasalarında Genetik ve Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Performans Karşılaştırması\*

## Performance Comparison of Genetic and Machine Learning Algorithms in Crypto Markets

Berna Yaman Şahin<sup>1</sup> , Sema Ulutürk Akman<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>(Dr.), İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>(Prof. Dr.), İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İstatistik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

\*Bu çalışma, sorumlu yazarın İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı Doktora Programı kapsamında yazmış olduğu “Genetik ve Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Kripto Varlıklar için AI-Sat Kararı Veren Model Çalışması” başlıklı doktora tezinden türetilmiştir.

### ÖZ

Araştırma alanında kullanılan analiz yöntemlerine yönelik istatistiksel metotların gelişmesi, analiz ve öngörü tekniklerinin çeşitlenmesine önemli bir katkıda bulunmuştur. Bu kapsamda, özellikle matematiksel ve istatistiksel metodolojiler kullanarak verilerden anlamlı çıkarımlar yapabilen ve bu çıkarımları kullanarak birtakım tahminlerde bulunan makine öğrenmesi, yapay zekâ alanında önemli bir gelişme kaydetmiştir. Makine öğrenmesi, bir veri setini modele dönüştüren çeşitli algoritmaları kapsar ve bu algoritmalar, analiz ve öngörü süreçlerinde temel bir disiplin olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışma, kripto para piyasasında genetik algoritma ile optimize edilmiş MACD parametrelerini, makine öğrenmesi yöntemleri ve teknik analiz göstergeleri ile birleştirerek, 24 saat sürekli işlem gören kripto piyasasında yüksek doğrulukta alım ve satım sinyalleri üretmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda farklı makine öğrenmesi algoritmalarının performansları karşılaştırılmış ve genetik algoritma ile optimize edilerek en uygun modele ulaşılmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak, optimize edilmiş MACD parametreleri kullanılarak yapılan işlemlerin, optimize edilmemiş MACD parametreleriyle yapılanlardan daha iyi kârlılık sağladığı gözlemlenmiştir. Modelin, LTCUSDT çiftinde daha iyi performans sergilediği sonucuna varılmıştır. Özellikle derin öğrenme algoritmasının LTCUSDT paritesinde daha iyi kâr elde edebildiği ancak, modelin ADAUSDT çiftinde kâr elde edemediği görülmüştür. Bunun sebebi de kripto piyasasının volatilitesinin yüksek, istikrarsız ve güncel haberlere olumlu/olumsuz çok hızlı tepki vermesinden kaynaklanmaktadır. Buradan yola çıkarak geliştirilen modelin farklı kripto para çiftlerine farklı derecelerde uyduğu sonucuna varılmıştır.

### ABSTRACT

The evolution of statistical methodologies for research analysis has notably contributed to the diversification of analytical and predictive techniques. Notably, machine learning, which leverages mathematical and statistical approaches to draw meaningful inferences from data, has made remarkable strides in artificial intelligence, generating predictions based on these inferences. Encompassing a spectrum of algorithms that transform datasets into models, machine learning emerges as a cornerstone in analytical and predictive processes. Herein, we produce high-accuracy buying and selling signals in the cryptomarket—a market that continuously operates 24 h a day. This is achieved by integrating MACD (Moving Average Convergence Divergence) parameters optimized with a genetic algorithm specific to the cryptocurrency market, machine learning methods, and technical analysis indicators. Contextually, we compared the performances of different machine learning algorithms. Using genetic algorithm optimization, we identified the most suitable model. Results underscore the enhanced profitability of trades executed with optimized MACD parameters compared with those executed using nonoptimized MACD parameters. The model performed optimally on the LTCUSDT pair. Notably, the deep learning algorithm exhibited better profitability in the LTCUSDT pair. However, its effectiveness in generating profits in the ADAUSDT pair was somewhere limited; this can be attributed to the high volatility, instability, and rapid response of the cryptomarket to current news, whether positive or negative. Therefore, the developed model fits different cryptocurrency pairs to varying degrees.

**Anahtar Kelimeler:** Makine Öğrenmesi Algoritmaları, Genetik Algoritma, Kripto Para, Derin Öğrenme, Karar Ağacı

**Corresponding Author:** Berna Yaman Şahin **E-mail:** berna.yamansahin@gmail.com

**Submitted:** 28.12.2023 • **Revision Requested:** 29.01.2024 • **Last Revision Received:** 12.02.2024 • **Accepted:** 29.02.2024 • **Published Online:** 15.05.2024



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

**Keywords:** machine learning algorithms, genetic algorithm, cryptocurrency, deep learning, decision tree

### EXTENDED SUMMARY

Machine learning algorithms are increasingly being embraced for their easy implementation and effective outcomes, particularly in financial predictions. In financial applications, these algorithms have emerged as potent tools for information processing and analysis, particularly in trading strategies, price predictions, and portfolio management. Deep learning algorithms excel in creating high-performance classification models, especially in complex datasets. Decision tree algorithms are suitable for solving classification and regression problems, whereas genetic algorithms have emerged as optimal methods for addressing complex problems, optimization, and modeling systems related to randomness.

We aim to produce high-accuracy buying and selling signals in the cryptomarket, operating continuously 24 hours a day. The approach combines MACD parameters, optimized with a genetic algorithm in the cryptocurrency market, machine learning methods, and technical analysis indicators. Machine learning algorithms are essential tools that transform datasets into models. We compared the performances of different machine learning algorithms.

Furthermore, we examine the results obtained by optimizing the performance of these algorithms using genetic algorithms. The data collection process commenced by obtaining candlestick data for ADAUSDT and LTCUSDT assets through the API of Binance Crypto Exchange. A 1-h candlestick chart was used for the analysis, spanning November 9, 2021, to November 22, 2022. Each candlestick data item includes information such as transaction time, opening, closing, high values, low values, and trading volume. The candlestick data were separated into optimization and test data. The optimization data were created by adding CMF, RSI, Z-SCORE, ATR, BOP, CMO, and CC INDICATOR signals during the strategy generation phase. Next, this dataset was divided into machine learning training and test data. Long and short trading signals were established based on MACD and Signal line crossovers, and a decision column was added.

During the optimization phase, the parameters of the MACD indicator were optimized using a genetic algorithm. The MACD indicator uses the default parameters of 12, 26, and 9. Employing the NSGA-II genetic algorithm, the optimal parameter values for the MACD indicator were calculated over 25 cycles. Subsequently, optimized MACD parameters were identified for ADAUSDT and LTCUSDT based on the test results. Backtesting was performed using the optimized MACD parameters to obtain gain and profitability ratios. Upon examining the accuracy rates of various machine learning algorithms, deep learning exhibited the highest accuracy rate.

The optimized MACD parameters, training data of the most suitable machine learning algorithm, and the test data were consolidated. The test data were evaluated by backtesting, employing optimized MACD parameters and trained machine learning algorithms; this process revealed the profit rate and profitability. The results indicate a high gain ratio and profitability in the LTCUSDT asset when optimized MACD parameters and a deep learning algorithm were employed. However, for the ADAUSDT asset, the combination failed to generate a profit. This highlights that the success of certain combinations of assets and strategies may vary depending on market conditions. Therefore, for effective implementation of the proposed model, each asset's strategy needs careful evaluation.

In backtests focusing on ADAUSDT and LTCUSDT cryptocurrency pairs, long–short trades using optimized MACD parameters yielded higher profits than trades executed with nonoptimized settings. The default MACD parameters typically involve three parameters: a fast period of 12, a slow period of 26, and a correction period of 9. However, the averages obtained from the optimization process deviated noticeably from these standard values, suggesting that investors engaged in cryptoasset trading may benefit from an indicator responding rapidly to market dynamics.

Additionally, owing to the volatile nature of cryptoassets, the application of machine learning algorithms poses challenges in accurately determining profits and losses before ensuring a clear data separation. This underscores the risk of exposure to sudden price fluctuations in cryptoassets. In conclusion, this study found that long–short trades using optimized MACD parameters do not always yield optimal results. However, profitability can be enhanced by leveraging machine learning algorithms to filter out data leading to losses. Notably, the developed model demonstrated better compatibility with the LTCUSDT pair than the ADAUSDT, showcasing a profit of 93.55% in the LTCUSDT pair. These results underscore the potential advantages of integrating machine learning and technical analysis in the cryptocurrency market.



## Giriş

Makine öğrenimi, yapay zekanın bir alt dalı olarak dikkat çeken bir teknolojidir. Özellikle matematiksel ve istatistiksel yöntemleri kullanarak verilerden çıkarımlar yapar ve öngörülerde bulunur. Bu çalışma, yaygın olarak kullanılan makine öğrenimi algoritmalarını inceleyerek, performanslarını genetik algoritma ile optimize ederek karşılaştırmaktadır. Farklı yaklaşımlarla başarıları değişen bu algoritmalar, sınıflandırma, tahmin ve kümeleme gibi problemlerde farklı sonuçlar ortaya koymaktadır.

Finansal piyasa tahminleri günümüzde büyük bir ilgi odağı olmuştur. Kripto para piyasası, son yıllarda hızlı bir evrim geçirmiş ve geleneksel finans dünyasında yeni bir varlık sınıfı olarak yerini almıştır. Ancak, bu dinamik piyasa volatilitesi ve karmaşıklığıyla tanınmaktadır. Kripto para piyasalarının tahmin edilmesi, kısa vadeli büyük kârların yanı sıra büyük riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda, kripto varlıkları üzerinde etkili ticaret stratejileri geliştirmek, karar alma süreçlerini iyileştirmek ve piyasa hareketlerini öngörmek, yatırımcılar için kritik öneme sahiptir. Bu çalışma, geleneksel teknik analiz göstergelerini makine öğrenmesi yöntemleriyle birleştirerek ve genetik algoritma ile optimize ederek, 24 saat boyunca işlem gören kripto para piyasasında doğruluk oranı yüksek alım-satım sinyalleri üretmeyi amaçlamaktadır. Kripto varlıkların hassas ve ani fiyat değişimleri, teknik analiz ve makine öğrenmesi modellerinin entegrasyonunu zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda, çalışmada çeşitli makine öğrenmesi algoritmaları incelenmiş, performansları karşılaştırılmış ve genetik algoritma kullanılarak bu algoritmaların optimize edilmesi üzerinde durulmuştur. Finansal piyasalardaki karmaşık ilişkileri anlamak için geliştirilen bu model, yatırımcılara daha bilinçli kararlar alma imkânı sunmayı hedeflemektedir.

Çalışma, Ada ve Litecoinin çiftleri üzerinden yapılan geriye dönük testlerle bir modelin önerildiği bir çerçeve sunmaktadır. Bu model, optimize edilmiş Hareketli Ortalama Yakınsama Sapması (Moving Average Convergence Divergence- MACD) parametreleri kullanılarak elde edilen işlemlerin, optimize edilmemiş parametrelerle yapılan işlemlerden daha iyi performans gösterdiğini göstermektedir. Ancak, kripto varlıklarına özgü volatiliteyi ve dış etkenlere bağlı olarak modellerin etkinliği üzerinde belirleyici olan faktörleri anlamak oldukça önemlidir. Bu nedenle, çeşitli makine öğrenmesi algoritmalarının yanı sıra genetik algoritma ile optimize edilmiş stratejilerin performans karşılaştırmaları, yatırımcılara daha güvenilir ticaret kararları alma konusunda rehberlik etmektedir.

## Literatür Taraması

Makine öğrenmesi algoritmalarının çok yönlü kullanımı, pek çok sektörde önemli bir rol oynamaktadır. Her geçen gün daha fazla kabul gören bu yöntem, kolay uygulanabilirliği ve etkili sonuçlarıyla öne çıkmaktadır. Finansal piyasalarda makine öğrenmesi uygulamalarına dair literatürde yer alan çalışmalar, bu alandaki önemli gelişmeleri yansıtmaktadır.

Pai & Wei (2007), gerçekleştirmiş oldukları çalışmada Tayvan hisse senedi endeksi vadeli işlem fiyatlarının hareket yönlerini öngörmek amacıyla teknik göstergeler içeren alım satım verilerini değerlendirmişlerdir. Destek Vektör Makinesi yöntemini kullanmışlardır. Analiz sonuçları, SVM modelinin, veri ölçekleme ve farklılaştırma işlemleri uygulandığında en etkili performansı sergilediğini göstermiştir.

Choudhry & Garg (2008), çalışmalarında hisse senedi piyasası tahminleri için Genetik Algoritma (GA) ve Destek Vektör Makineleri (SVM) temelli bir hibrit makine öğrenme sistemi önermişlerdir. Yapılan analizler sonucunda, hibrit GA-SVM sisteminin bağımsız SVM sistemine kıyasla daha üstün bir performans sergilediği sonucuna ulaşmışlardır.

Kara vd. (2011), yaptıkları çalışmada iki etkin model geliştirmeye yönelik bir çalışma sürdürmüşler ve İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB) Ulusal 100 Endeksi'ndeki hareketin yönünü tahmin etme performanslarını karşılaştırmışlardır. Yapılan analizde yapay sinir ağları ve destek vektör makinesi yöntemlerine odaklanılmıştır. Sonuçlar, Yapay Sinir Ağı (YSA) modelinin ortalama performansının (%75,74) Destek Vektör Makinesi (SVM) modelinden (%71,52) önemli ölçüde daha iyi olduğunu göstermiştir.

Qiu & Song (2016), çalışmalarında günlük borsa endeksinin yönünü tahmin etmek amacıyla iki temel girdi değişkeni türünü karşılaştırmışlardır. Japon borsa endeksinin ertesi günkü fiyatının yönünü tahmin etmek için optimize edilmiş bir yapay sinir ağı (YSA) modeli kullanmışlardır. Araştırmanın sonuçları, Tip 2 girdi değişkenlerinin daha yüksek tahmin doğruluğu sağlayabildiğini ve girdi değişkenlerini uygun şekilde seçerek optimize edilmiş YSA modelinin performansını artırmanın mümkün olduğunu göstermişlerdir.

Aguirre, Medina, & Méndez (2020), gerçekleştirdikleri çalışmada hisse senedi piyasasında varlık fiyatlarının tahmininde Genetik Algoritmaları kullanarak, geleneksel teknik analize karşı avantajları araştırmayı amaçlamışlardır. Sonuçlar, Genetik Algoritmalar aracılığıyla daha yüksek bir yatırım getirisi elde eden teknik gösterge parametrelerinin optimal değerlerinin bulunabileceğini ve geleneksel teknik analizi ile AI ve Tut stratejisini yaklaşık %4 oranında geride bırakabildiğini önermektedir.

Demirel & Hazar (2021), çalışmalarında 2016-2020 yılları arasında yüksek piyasa değerine ve işlem hacmine sahip kripto varlıkların günlük piyasa değerleri kullanılarak, BIST 100 endeksinin hareket yönünü tahmin etmeyi hedeflemişlerdir. Analizde, Bitcoin, Ethereum ve Ripple gibi geçmiş piyasa değerleri, destek vektör makinelerinin eğitiminde kullanılan girdi değişkenlerdir. Üç farklı model oluşturularak, optimizasyon sağlanmaya çalışılmıştır. Model B'nin performans skoru %52 olarak belirlenmiştir.

Latha & Sreekanth vd. (2022), K-En Yakın Komşu (KNN) algoritmasını kullanan bir makine öğrenimi modeline dayalı olarak borsa tahmini önerdikleri çalışmada elde ettikleri sonuçlar, %70 daha yüksek bir doğruluk göstermiştir.

Pabuçcu vd. (2023), Bitcoin fiyatlarının hareketlerini yüksek doğrulukla tahmin etmeyi amaçladıkları çalışmada, lojistik regresyonun yanı sıra Destek Vektör Makineleri (SVM), Yapay Sinir Ağı (ANN), Naive Bayes (NB) ve Rastgele Orman (RF) gibi dört farklı Makine Öğrenimi (ML) algoritması uygulanmıştır. Analiz sonuçları, RF'nin en yüksek tahmin performansına sahip olduğunu, NB'nin ise en düşük tahmin performansına sahip olduğunu göstermiştir.

Şenol & Denizhan (2023), yapmış oldukları çalışmada yüksek işlem hacmine sahip olan Bitcoin, Ethereum ve Cardano gibi üç kripto para üzerinde fiyat tahmini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın amacı, çoklu regresyon analizi ve yapay sinir ağlarının performansını değerlendirmektir. Analiz sonuçları, Yapay Sinir Ağları ile yapılan tahminlerin Regresyon Analizi ile yapılanlara kıyasla daha başarılı bir performans sergilediğini göstermiştir.

## Metodoloji

### Derin Öğrenme

Derin öğrenme, makine öğrenmesinin bir alt kümesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Derin öğrenme sınıflandırması, yapay sinir ağlarının çalışma mantığı ile aynıdır. İnsanların büyük miktardaki verileri anlamaları ve işlemeleri yıllar sürebilirken, derin öğrenme bu işlemi birkaç saniye içerisinde başarabilmektedir. Özellikle karmaşık ve büyük veri setlerinde yüksek performanslı sınıflandırma modelleri oluşturmak için derin sinir ağları kullanılmaktadır. Bu yöntem, makine öğrenimi alanında etkili sonuçlar vermektedir.

Derin öğrenme, aşağıdaki bağlamlarda kullanılabilir (Olorunnimbe ve Viktor, 2023:2086):

- Ticaret Stratejisi: Borsada alım ve satım kararları almak için algoritmik olarak oluşturulan yöntemler veya prosedürler.
- Fiyat Tahmini: Finansal varlıkların, özellikle hisse senetlerinin gelecekteki değerlerinin tahmin edilmesi. Bu genellikle bir ticaret stratejisi olarak kullanılır.
  - Portföy Yönetimi: Uzun vadeli kar elde etmek için bir grup finansal varlığın seçilmesi ve yönetilmesi.
  - Piyasa Simülasyonu: Çeşitli piyasa senaryoları altında piyasa verilerinin simülasyonu.
  - Hisse Senedi Seçimi: Gelecekteki getirilere dayalı olarak borsadaki hisse senetlerinin seçilmesi. Bu genellikle bir ticaret veya portföy yönetimi stratejisi olarak kullanılır.
    - Risk Yönetimi: Alım satımla ilgili risklerin değerlendirilerek getirileri en üst düzeye çıkarmak.
    - Riskten Korunma Stratejisi: Bir varlığa yatırım yapma riskini azaltmak için başka bir varlıkta ters bir yatırım pozisyonu almayı içeren strateji.

### Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks- ANN)

Yapay sinir ağları, derin öğrenme alanında temel bir yapı taşı olarak kullanılmaktadır. Biyolojik sinir ağlarını taklit eden yapay bir modeldir. Bu yapay zekâ yapıları, birbirine bağlı işlem yapılarını kullanarak yeni bilgiler üretme ve hiç görmediği durumlarla karşılaştığında kararlar verebilme yeteneğine sahiptir (Karadağ, 2022:40). Bir yapay sinir ağında üç temel katman bulunmaktadır (Yavuz ve Deveci, 2012:172):

**Girdi Katmanı (Input Layer):** İlk katmandır. Dışarıdan gelen verileri kabul eder. Her bir giriş, bir yapay sinir hücresine bağlanır.

**Gizli Katmanlar (Hidden Layers):** Gizli katmandaki nöronlar, dış ortamla doğrudan bir bağlantıya sahip değildirler. Girdi katmanı ile çıktı katmanı arasında bulunur ve birbirine bağlı olan yapay sinir hücrelerinden oluşur. Sadece girdi katmanından gelen sinyalleri alıp, bunları işleyerek çıktı katmanına iletir.

**Çıktı Katmanı (Output Layer):** Son katmandır. Ağın nihai çıktılarını üreten katmandır. Problem tipine göre tek bir çıktı hücresi veya birden fazla çıktı hücresi olabilir.

Girdileri alır, gizli katmanlardaki ağırlıklı toplamlarla birbirine bağlanmış düğümlerden geçirir ve ardından bir çıktı üretir (Odabaşı ve Toklu, 2023:98).

### Karar Ağaçları

Bir denetimli öğrenme tekniği olan karar ağacı algoritması hem sınıflandırma hem de regresyon problemlerinde sıklıkla başvurulan yöntemlerden biridir. Bu algoritma data setlerindeki karmaşıklıkları ele almak için kullanılan uygun bir algoritmadır ve ağaç tabanlı bir yapıya sahiptir. Karar ağaçları bilgiyi bir ağaç yapısında modelleme yaklaşımına dayanmaktadır. Bir karar ağacında karar ve yaprak düğümü olmak üzere iki düğüm bulunmaktadır. Dallar karar düğümlerini temsil ederken yapraklar sonuç düğümlerini temsil etmektedir. Her bir dalı, programlama dilinde bulunan "eğer" yapısına uygun olarak ayrılmış olan karar ağacı,

analiz edilen veriyi tüm modele entegre etmektedir. Bu kapsamda çeşitli sınıflandırma problemlerini etkili bir şekilde çözmek için karar ağaçları kullanılabilir. Karar ağacı modellerinin diğer yöntemlere göre daha hızlı sonuç vermesi ve veriler arasındaki ilişkileri yapısallıkla göstermesi, tercih edilmesinde önemli bir etken olarak öne çıkmaktadır (Sel, 2020:90).

Karar ağacı yöntemi, veri sınıflandırmasını iki aşamalı bir süreç olarak gerçekleştirir: öğrenme ve sınıflandırma. Öğrenme aşamasında, sınıflandırma algoritması eğitim verilerini inceleyerek bir model oluşturur. Bu model, sınıflandırma kuralı veya karar ağacı şeklinde ifade edilir. Sınıflandırma aşamasında ise, bu kurallar veya karar ağacı, test verileri kullanılarak doğruluğunu değerlendirmek için uygulanır. Eğitim verilerinde kullanılacak alanlar ve ağacın oluşturulma sırası, belirlenmesi gereken önemli faktörlerdir. Bu bağlamda, en yaygın kullanılan ölçü, entropi ölçüsüdür. Yüksek entropi, sonuçların belirsiz ve kararsız olduğunu gösterir. Bu nedenle, karar ağacının kökündeki en düşük entropiye sahip alanlar öncelikli olarak kullanılır (Çalış ve ark., 2014: 6).

Karar ağaçlarında yaygın olarak kullanılan algoritma nitel değişkenler için entropidir (Gupta vd., 2017).

### ID3 (Iterative Dichotomiser 3) Algoritması

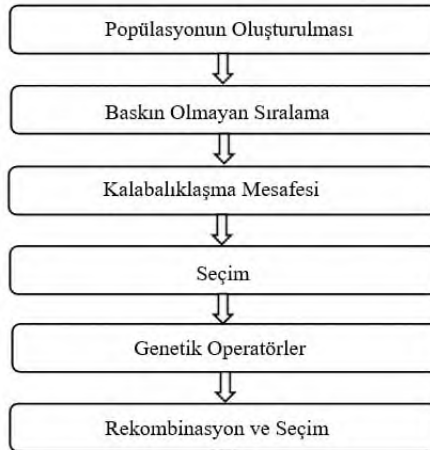
ID3, J. R. Quinlan tarafından geliştirilen ve karar ağaçlarını oluşturmak için kullanılan ilk algoritmadır. Sınıflandırma problemleri için kullanılabilir etkili bir algoritmadır.

ID3 algoritması, özellik değerlerini test ederek nesnelere sınıflandırmak için kullanılmaktadır. Verilen bir veri setinden başlayarak, üstten aşağıya bir karar ağacı oluşturur. Her düğümde, bilgi kazancı (information gain) maksimize etmek ve entropiyi minimize etmek için bir özellik test edilir ve sonuçlar nesnelere gruplamak için kullanılır. Bilgi kazancı, bir özneliğin bir veri kümesini ne kadar iyi böleceğini ölçmektedir. Bu işlem, grup homojen olana kadar tekrarlanır ve bu, karar ağacının bir yaprak düğümüne ulaştığı noktada sona erer (Singh & Gupta, 2014:50-51).

### Genetik Algoritma

Genetik algoritmalar, yapay zekâ alanının önemli bir bileşenidir ve büyük bir potansiyele sahiptir. Genetik algoritmalar 1960'larda John Holland tarafından tasarlanmıştır. Holland'ın 1975 tarihli "Doğal ve Yapay Sistemlerin Uyumunu" adlı kitabı, genetik algoritmayı biyolojik bir evrim soyutlaması olarak tanıtmıştır ve Genetik algoritma kapsamında uyarılma için teorik bir temel sağlamıştır (Holland, 1992). Bu algoritmalar, doğal seleksiyon ve doğal genetik kavramlarına dayanan arama algoritmalarıdır. Aynı zamanda bir optimizasyon algoritmasıdır. Genetik algoritmalar, karmaşık sorunların çözümünde oldukça etkilidir. Özellikle optimizasyon problemleri ve rastgelelikle ilgili modelleme sistemlerinde kullanılmaktadır (Kumar ve Husian vd., 2010:451).

Genetik algoritmaların temel adımları aşağıdaki gibidir (Kim & Shin, 2007:573):



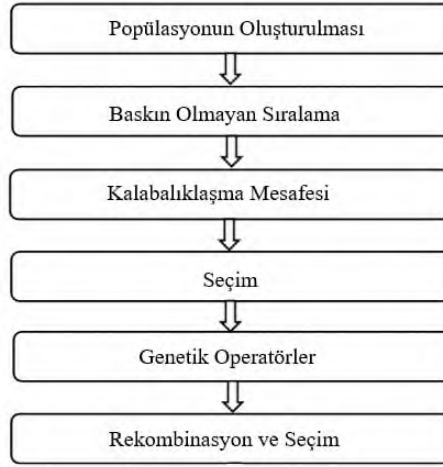
Şekil 1. Genetik Algoritmanın Temel Adımları

Genetik algoritma, en iyi çözümü bulma amacıyla doğal seçim ve kalıtım süreçlerini taklit eden bir algoritmadır.

### NSGA-II (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II - Baskın Olmayan Sıralamalı Genetik Algoritma II)

NSGA-II, genetik algoritma tabanlı bir optimizasyon algoritmasıdır. NSGA-II, genetik algoritma adımlarını kullanarak çok amaçlı optimizasyon problemlerinde çözüm kümesinin kalitesini artırmayı amaçlamıştır. Karar verme problemlerinde ve karmaşık sistem optimizasyonu dahil olmak üzere çeşitli uygulamalar için yararlı bir yaklaşımdır. (Chatterjee vd., 2018).

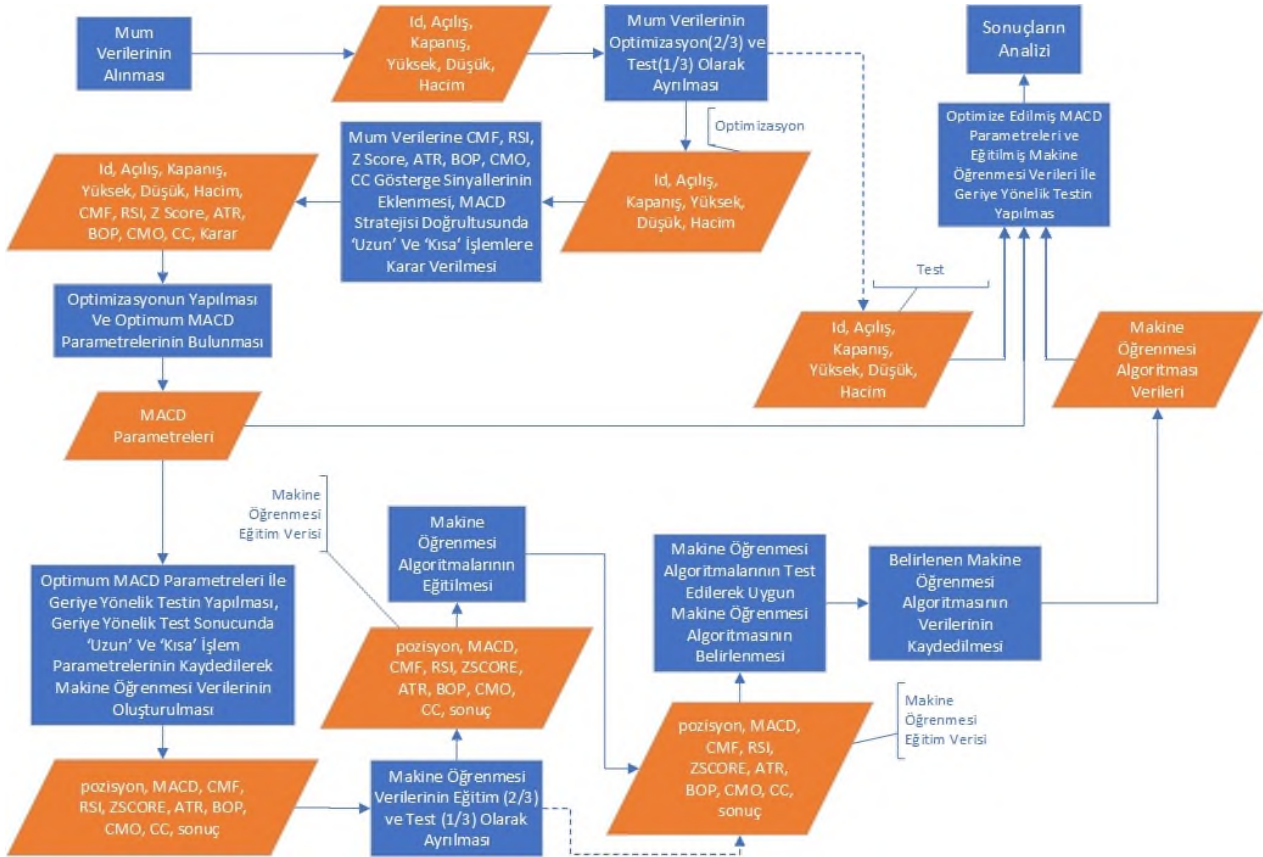
Genel olarak NSGA-II aşağıdaki adımlarla detaylandırılmaktadır (Yusoff vd.,2011:3979).



Şekil 2. NSGA-II'nin Temel Adımları

### Veri ve Analiz Sonuçları

Çalışmanın amacı, 24 saat işleme açık olan kripto piyasasında, geçmiş verilere istatistik ve makine öğrenmesi metotlarını uygulayarak doğruluk oranı yüksek al ve sat sinyallerinin üretilmesi hedeflenmiştir. Uygulama aşamaları Şekil3'de gösterilen akış şemasında olduğu gibidir. Akış şemasının detayları alt maddelerde belirtilmiştir.



Şekil 3. Uygulamanın Aşamaları

### Mum Verilerin Elde Edilmesi

ADAUSDT ve LTCUSDT varlıklarına ait mum grafiği verileri, Binance Kripto Borsası'nın API (Application Programming Interface) aracılığıyla toplanmıştır. Bu uygulamada, analiz için 1 saatlik mum grafiği kullanılmıştır. Mum verileri, ADAUSDT ve LTCUSDT'nin düşüş yaşamaya başladığı 9 Kasım 2021- 22 Kasım 2022 tarih aralığını kapsamaktadır. Her bir mum grafiği verisi satırında işlem zamanı, açılış, kapanış, yüksek, düşük ve işlem hacmi bilgileri bulunmaktadır. Bu veriler, belirtilen tarih aralığında ADAUSDT ve LTCUSDT varlıklarının fiyat hareketlerini detaylı bir şekilde içermektedir.

### Optimizasyon ve Test Verilerinin Elde Edilmesi

Mum verileri elde edildikten sonra, 2/3 oranında optimizasyon ve 1/3 oranında da test verisi olarak ikiye ayrılmıştır.

**Tablo 1.** Analizde Kullanılan Göstergeler

CMF (Chaikin Money Flow)	:	Chaikin Para Akışı Göstergesi
RSI (Relative Strength Index)	:	Görelî Güç Endeksi Göstergesi
Z-SCORE	:	Z-Skor Göstergesi
ATR (Average True Range)	:	Ortalama Gerçek Aralık Göstergesi
BOP (Balance of Power)	:	Güç Dengesi Göstergesi
CMO (Chande Momentum Oscillator)	:	Chande Momentum Osilatörü Göstergesi
CC (Coppock Curve)	:	Coppock Eğrisi Göstergesi

Optimizasyon verisine, strateji oluşturma aşamasında CMF, RSI, Z-SCORE, ATR, BOP, CMO, CC GÖSTERGE sinyalleri eklenmiştir.

Optimizasyon verisi de kendi içerisinde 2/3 oranında "Makine Öğrenmesi Eğitim Verisi" ve 1/3 oranında "Makine Öğrenmesi Test Verisi" olarak ikiye ayrılmıştır. Bu işlemler tamamlandıktan sonra, Id, Açılış, Kapanış, Yüksek, Düşük, Hacim, CMF, RSI, Z Score, ATR, BOP, CMO, CC, MACD, Sinyal, Histogram değerleri olan veri seti elde edilmiştir.



**Şekil 4.** Uzun ve Kısa İşlemlerin Mum Grafik Üzerinde Gösterilmesi

"MACD" ve "Sinyal" işaretlerinin birbirini kesmesine göre uzun ve kısa işlem sinyalleri veri çerçevesine eklenmiştir. "MACD" işareti, "Sinyal" işaretini yukarı yönlü kestiği an "uzun", "MACD" işareti, "Sinyal" işaretini aşağı yönlü kestiği an "kısa" işlem ve diğer durumlarda işlem olamayacak şekilde bir "karar" (decision) sütunu oluşturulmuştur.

Ada ve Litecoin için özet istatistikî bilgiler şu şekildedir:

- 9 Kasım 2021 tarihinde ADA kripto varlığının değeri 2.3146 USDT dir. 22 Kasım 2022 tarihinde ise 0.2976 USDT dir. İlgili tarihler arasında %87,14 'lük bir düşüş sergilemiştir.
- 9 Kasım 2021 tarihinde LTC kripto varlığının değeri 291,09 USDT dir. 22 Kasım 2022 tarihinde ise 60.25 USDT dir. İlgili tarihler arasında %79,3 'lük bir düşüş sergilemiştir.

Analizde kullanılan gözlem sayılarına aşağıdaki tabloda yer verilmiştir:

**Tablo 2.** Analizde Kullanılan Gözlem Sayıları

<b>Toplam Gözlem Sayısı</b>	:	9074
<b>Optimizasyon Verisi</b>	:	6048
Makine Öğrenmesi Eğitim Verisi	:	4032
Makine Öğrenmesi Test Verisi	:	2016
<b>Test Verisi</b>	:	3026

### MACD Optimizasyonu ile Geriye Yönelik Test

İçerisinde göstergelerin ve karar sütununun bulunduğu mum grafiği verileri, optimizasyon aşamasına gönderilmiştir. Optimizasyon aşamasında, MACD göstergesine ait parametrelerin (hızlı, yavaş, düzeltme) optimizasyonu sağlanmıştır. MACD göstergesi varsayılan 12, 26, 9 parametrelerini kullanmaktadır. NSGA-II genetik algoritması ile, toplam 25 döngüde MACD indikatörünün optimum parametre değerleri hesaplanmıştır. Bu uygulamada, varsayılan MACD parametreleri ile işlem yapmak yerine, ilgili kripto varlığa ait, karlılığı maksimize eden MACD parametreleri ile işlem yapılması hedeflenmiştir.

Geriye yönelik testte, elde belirli bir miktar nakit olduğu kabul edilir. Stratejinin oluşturulması sırasında, elde edilen karar sütunu ilk satırdan itibaren incelenir. "Uzun" veya "Kısa" işlem kararı alındığında, mevcut nakit oranında o anki mum kapanış verisine göre varlık satın alınır. Karar sütunu taranmaya devam eder, sonraki "uzun" veya "kısa" işlemde varlık satılır ve bu satışın ardından belirlenen işarete göre (uzun veya kısa) yeni bir işleme girilir. Bu işlem, tüm mum grafiği satırları tamamlanana kadar tekrarlanır. Tüm satırlar incelendikten sonra geriye yönelik test, iki ana çıktı üretir:

- **Kazanç oranı:** Gerçekleştirilen n adet işlemin yüzde kaçının kazançlı sonuçlandığını gösteren bir çıktıdır. Bu sonuç, 0 ile 100 arasında bir değer alır.
- **Kârlılık:** Geriye yönelik testte yatırım için kullanılan paranın yüzde kaçının kar sağladığını ifade eder. Bu sonuç, 0 ile sonsuz arasında bir değer beklenir.

Algoritma, her iterasyonda, bir öncekinden daha optimum değerleri hesaplayarak pareto çizgisini oluşturur. Bu çizgide birden fazla değer bulunabilir bu nedenle çizgideki bir değer, optimum değer olarak kullanılabilir. Yatırımda, kârın maksimizasyonu her zaman önceliklidir. Bu nedenle, optimizasyon sonucunda elde edilen çözüm kümesi içinde öncelikle en yüksek kârlılığa sahip olan, ardından en yüksek kazanç oranına sahip olan MACD parametreleri seçilmiştir. Uygulamada test edilen kripto varlıklar için optimize edilmiş MACD parametreleri Tablo 3'te ayrıntılı olarak sunulmuştur.

**Tablo 3.** Kripto Varlıklara Ait Optimize Edilmiş MACD Parametre Değerleri

	<b>Hızlı</b>	<b>Yavaş</b>	<b>Düzeltilme</b>
<b>ADAUSDT</b>	8.1740	22.4026	5.2920
<b>LTCUSDT</b>	8.1740	23.2559	5.9233

Optimizasyon sonuçlarına göre, ADAUSDT ve LTCUSDT kripto varlıkları için hızlı, yavaş ve düzeltme periyotları belirlenmiştir.

### Geriye Yönelik Test ve Makine Öğrenmesi

Optimize edilmiş MACD parametreleri, "uzun" ve "kısa" işlemlerin zamanlarını doğal olarak değiştirmiştir. Optimizasyon verileri kullanılarak elde edilen optimum MACD parametreleri ile geriye yönelik test gerçekleştirilmiş ve 'kâr' ve 'zarar' verileri elde edilmiştir. Bu göstergeler, işlem tipi (uzun, kısa) ve sonuç (kazanç, kayıp) verilerini içeren bir tabloya kaydedilerek makine öğrenmesi veri seti oluşturulmuş ve bu veriler 2/3 eğitim ve 1/3 test verisi olarak ayrılmıştır.

Optimizasyon veri seti üzerinde makine öğrenmesi sınıflandırma algoritması kullanılarak zarar ettiren alım ve satış sinyallerinin ayıklanması hedeflenmiştir. Bu amaçla, öncelikle optimizasyon verisinin geriye yönelik testi gerçekleştirilmiştir. Geriye yönelik test sırasında, alım anındaki pozisyon, MACD, CMF, RSI, ZSCORE, ATR, BOP, CMO, CC ve sonuç verileri satırlar halinde bir tabloya kaydedilerek makine öğrenmesi veri seti oluşturulmuştur. Bu set, 2/3 oranında eğitim veri seti ve 1/3 oranında test veri seti olarak ikiye ayrılmıştır. Burada, alım esnasındaki CMF, RSI, ZSCORE, ATR, BOP, CMO, CC göstergeleri ile yanlış alım kararların elenebileceği değerlendirilmektedir.

Makine öğrenmesi veri setinde, kategorik veriler aşağıdaki gibi yeniden ifade edilmiştir:

- Uzun (long) :0
- Kısa (short) :1
- Kazanç (profit) :0
- Kayıp (loss) :1

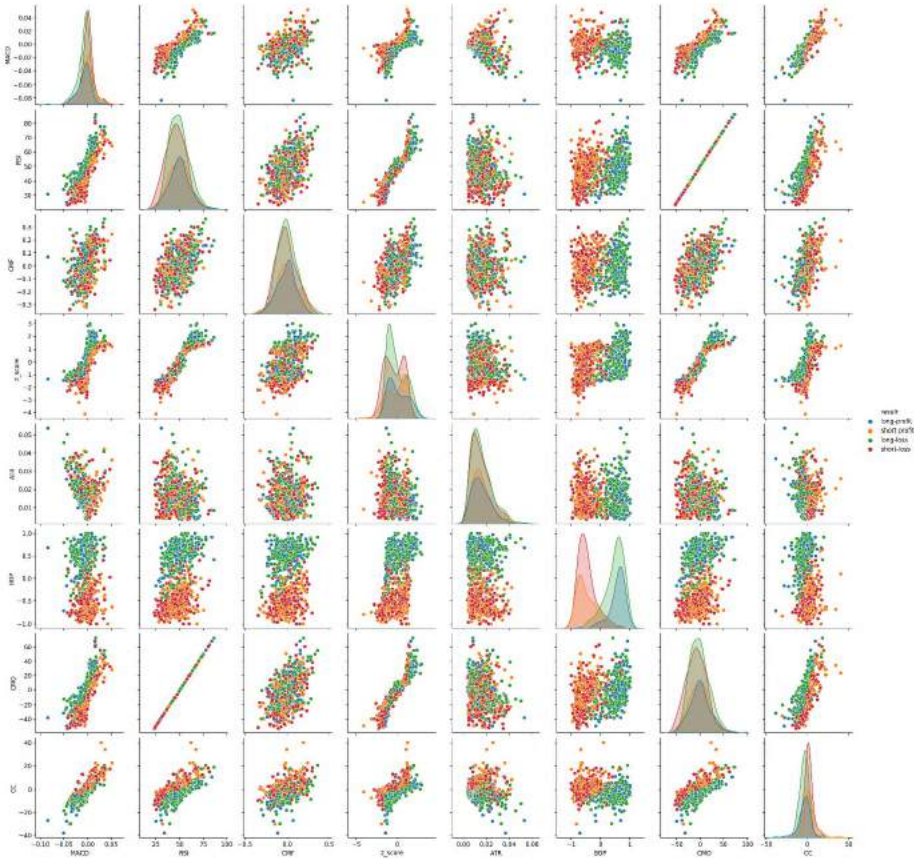
Eğitim verileri ile Karar Ağaçları ve Derin Öğrenme sınıflandırma algoritmaları eğitim ve test sürecine tabi tutulmuştur. Test süreci, ayrılan 1/3 test verisi ile gerçekleştirilmiş, bu süreçte hata matrisi oluşturulmuş ve doğruluk oranı hesaplanmıştır.

Doğruluk oranı (DO), aşağıda gösterilen denklemdeki gibidir:

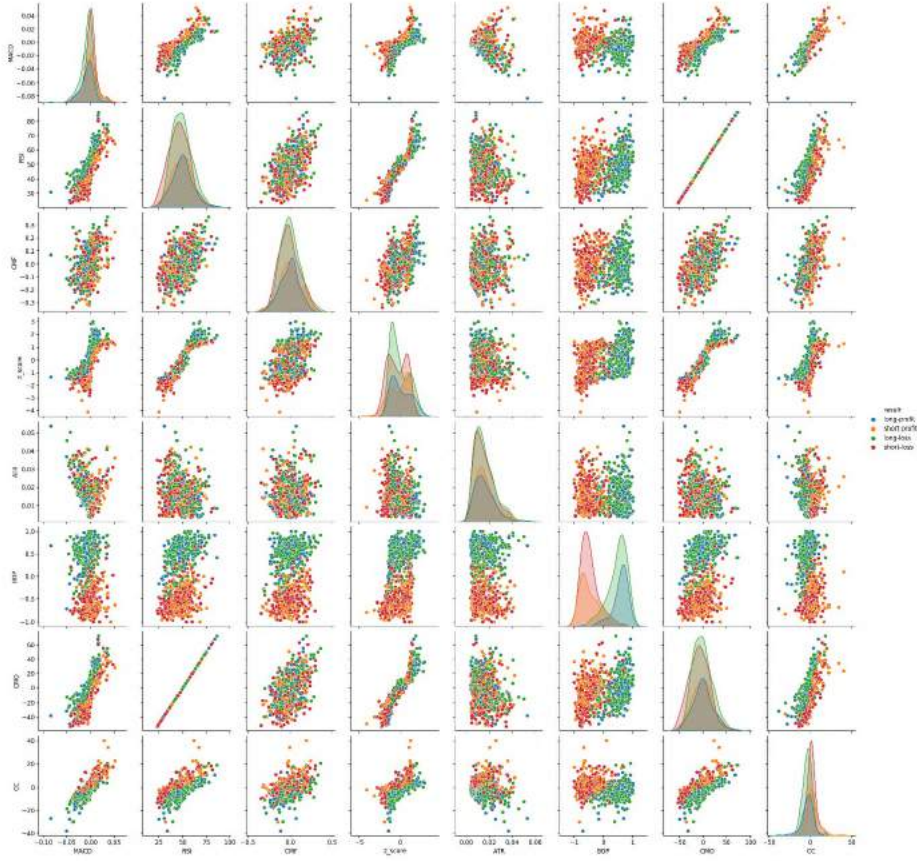
$$DO = \frac{Gerçek\ Pozitif\ (GP) + Gerçek\ Negatif\ (GN)}{Gerçek\ Pozitif\ (GP) + Gerçek\ Negatif\ (GN) + Yanlış\ Pozitif\ (YP) + Yanlış\ Negatif\ (YN)}$$

Uygulanılan modelde, en yüksek doğruluk oranına sahip makine öğrenmesi algoritmasına ait eğitilmiş veri kaydedilmiş ve bir sonraki aşamada bu veriler kullanılmıştır.

Bu çalışmada, ADAUSDT ve LTCUSDT'nin uzun-kısa işlemleri sırasında elde edilen tüm gösterge değerleri çift grafikler üzerinde aşağıda gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde, göstergelere ait “zarar” veya “kâr” değerlerinin herhangi bir alanda sistematik olarak toplanmadığı gözlemlenmiştir. Verilerin sistemli bir şekilde bir araya getirilememesi, doğru makine öğrenmesi algoritmasının belirlenmesini zorlaştırmaktadır.



Şekil 5. ADAUSDT



Şekil 6. LTCUSDT

Eğitim sonrasında test edilen makine öğrenmesi algoritmalarının doğruluk oranları Tablo4'te sunulmuştur.

Çalışmada, derin öğrenme yöntemi tercih edilmiş ve bunun için yapay sinir ağı algoritması kullanılmıştır. Toplamda dokuz adet input olduğu için derin öğrenmede kullanılan katmanlar, 9-18-27-18-9-1 şeklindedir. Çıktı katmanı, ikili bir sınıflandırma problemi için belirlenmiş olup, 1 (Al), 0 (Alma) durumlarını temsil etmektedir. Derleme esnasında şu parametreler kullanılmıştır: optimizer="Nadam", loss="binary\_crossentropy", metrics=['binary\_accuracy']) 400 defa eğitim gerçekleştirilmiştir. Tahmin eşiği 0.5'in üzerindedir.

Karar ağaçları için kullanılan parametre ise "Entropy" dir. Bu kapsamda ID3 algoritması kullanılmıştır.

Tablo 4. Eğitim Sonrasında Test Edilen Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Doğruluk Oranları

	Derin Öğrenme	Karar Ağaçları
ADAUSDT	0.5956	0.5478
LTCUSDT	0.5854	0.5769

Tabloya göre, kripto varlıkların sınıflandırılmasında en yüksek doğruluk oranını sağlayan algoritmanın Derin Öğrenme olduğu görülmektedir; bu algoritma yaklaşık %60 doğruluk oranı sunmaktadır.

### Modelin Nihai Testi

Yukarıda elde edilen aşamaların sonucunda elimize 3 veri bulunmaktadır. Bunlar:

- Optimize edilmiş MACD parametreleri,
- En uygun makine öğrenmesi algoritmasına ait eğitim verileri
- Mum verileri elde edildikten sonra "Optimizasyon" ve "Test" verisi olarak ikiye ayrılan mum verilerinden "Test" verisi.



Test verisi, optimize edilmiş MACD parametreleri ve eğitilmiş makine öğrenmesi algoritmalarının geriye yönelik testiyle değerlendirilmiş ve iki önemli sonuç elde edilmiştir: kazanç oranı ve kârlılık. Aslında, geriye yönelik test aşamasındaki mum verilerine şimdiye kadarki süreçte müdahale edilmediği için gelecekteki tahminler yapıyormuş gibi değerlendirilebilir.

Yine bu aşamada, varsayılan MACD parametreleri, optimize edilmiş MACD parametreleri ve hem optimize edilmiş MACD parametreleri hem de makine öğrenmesi algoritmaları ile “uzun” kısa işlemler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada önerilen model, herhangi bir kripto varlık için, varsayılan MACD parametrelerinden daha iyi sonuç üreten MACD parametrelerinin bulunması, zarar ettiren uzun-kısa işlemlerin makine öğrenmesi sınıflandırma algoritmaları ile ayıklanması üzerinedir. Burada, en çok doğruluk oranına sahip olan makine öğrenmesi algoritması ile işlem yapmak en rasyonel seçim olacaktır. Ancak, diğer makine öğrenmesi algoritmalarının nasıl bir sonuç ürettiği de test edilmiş ve böylelikle makine öğrenmesi algoritmaları karşılaştırılmıştır.

Sunulan modelin, varsayılan MACD parametreleri ile oluşturulan stratejiden daha kârlı olacağını varsayabiliriz. Ayrıca, zarar ettiren kararları da ayırtmamızın da kârlılığımızı artıracığını varsayabiliriz. Bu maksatla, varsayılan MACD parametreleri ile oluşan sonuçlar, sadece optimize edilmiş MACD parametreleri ile oluşan sonuçlar (makine öğrenmesi algoritmalarının zarar ettiren sinyalleri ayıklamadığı senaryo) ve hem optimize edilmiş MACD parametreleri hem de makine öğrenmesi algoritmaları ile zarar ettiren işlemlerin ayıklandığı modelin geriye yönelik test sonuçları tablo-5’te yer almaktadır.

**Tablo 5.** Modelin Geriye Yönelik Test Sonuçları

	Optimize Edilmemiş MACD Parametreleri ile Yapılan Geriye Yönelik Test Sonuçları		Optimize Edilmiş MACD Parametreleri ile Yapılan Geriye Yönelik Test Sonuçları		Optimize Edilmiş MACD Parametreleri ve Eğitilmiş Makine Öğrenmesi Sınıflandırma Algoritmaları ile Yapılan Geriye Yönelik Test Sonuçları			
	Kazanç Oranı	Kârlılık (%)	Kazanç Oranı	Kârlılık (%)	Derin Öğrenme		Karar Ağaçları	
					Kazanç Oranı	Kârlılık (%)	Kazanç Oranı	Kârlılık (%)
<b>ADAUSDT</b>	0.3464	0.8467	0.3200	0.6972	0.3189	0.7096	0.3113	0.7953
<b>LTCUSDT</b>	0.3290	0.4518	0.3389	0.5578	0.3882	0.9355	0.000	0.000

Tablodaki veriler, optimize edilmemiş ve optimize edilmiş MACD parametreleri kullanılarak yapılan geriye yönelik test sonuçlarını içermektedir. Ayrıca, optimize edilmiş MACD parametreleri ve eğitilmiş makine öğrenimi sınıflandırma algoritmalarıyla yapılan test sonuçları da bulunmaktadır. Bu testlerin her biri için kazanç oranı ve kârlılık oranları verilmiştir.

İlk sütun, optimize edilmemiş MACD parametreleri ile yapılan test sonuçlarını temsil ederken, ikinci sütun optimize edilmiş MACD parametreleri ile yapılan test sonuçlarını göstermektedir. Üçüncü sütunda, optimize edilmiş MACD parametreleri ile derin öğrenme ve karar ağacı algoritması kullanılarak yapılan test sonuçları yer almaktadır.

Her bir varlık (ADAUSDT ve LTCUSDT) için kazanç oranı ve kârlılık oranları verilmiştir. Bu kapsamda, ADAUSDT için optimize edilmemiş MACD parametreleri ile kazanç oranı %34.64 ve kârlılık oranı %84.67 olarak belirtilmiştir. Benzer şekilde, optimize edilmiş MACD parametreleri ve derin öğrenme algoritmasıyla yapılan testte kazanç oranı %31.89 ve kârlılık oranı %70.96 olarak görülmektedir. Yani bu modelde ADAUSDT için kârlılık elde edilmemiştir. Buna karşın LTCUSDT için optimize edilmemiş MACD parametreleri ile kazanç oranı %32.90 ve kârlılık oranı %45.18 olarak belirtilmiştir. Optimize edilmiş MACD parametreleri ve derin öğrenme algoritmasıyla yapılan testte kazanç oranı %38.82 ve kârlılık oranı %93.55 olarak görülmektedir.

Bu veriler, farklı parametreler ve algoritmalar kullanılarak yapılan ticaret stratejilerinin performansını karşılaştırmak için kullanılabilir. Kârlılık oranları ve kazanç oranları, stratejinin ne kadar etkili olduğunu değerlendirmek için önemli ölçütlerdir.

Sonuç olarak Optimize Edilmiş MACD Parametreleri ile LTCUSDT varlığı için derin öğrenme algoritması kullanıldığında hem kazanç oranı hem de kârlılık önemli ölçüde artmaktadır. Bu durum, derin öğrenme algoritmasının LTCUSDT üzerinde daha etkili olduğunu ve optimize edilmiş MACD parametreleri ile birleştirildiğinde daha başarılı sonuçlar elde edildiğini göstermektedir. Öte yandan, ADAUSDT varlığında elde edilen sonuçlar, kar elde edilememesi şeklinde görülmektedir. Bu durum, belirli varlık ve strateji kombinasyonlarının her zaman aynı başarıyı elde etmediğini ve piyasa koşullarına bağlı olarak değişebileceğini vurgulamaktadır. Her varlık, farklı karakteristiklere sahiptir ve bu nedenle bir stratejinin bir varlık üzerinde başarılı olup olmayacağını belirlemek için dikkatlice değerlendirilmesi gerekmektedir.

## Sonuç

Bu çalışmada makine öğrenmesi yöntemlerine teknik analiz göstergeleri entegre edilip genetik algoritma ile optimize edilerek 24 saat işleme açık olan kripto para piyasasında, geçmiş verilere istatistik ve makine öğrenmesi metotlarını uygulayarak doğruluk oranı yüksek al ve sat sinyallerinin üretilmesi hedeflenmiştir.

Makine öğrenmesi algoritmaları bir veri setini modele dönüştüren algoritmalarıdır. Bu çalışmada da makine öğrenmesi algoritmaları sunulmuş ve performansları karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca makine öğrenmesi algoritmalarının performansını artırmak amacıyla, genetik algoritma ile optimize ederek performans karşılaştırması yapılmıştır. Farklı makine öğrenmesi algoritmalarını karşılaştırıp en başarılı ve en uygun modelin hangisi olacağı kripto varlıklar üzerinde uygulanması ile belirlenmiştir.

ADAUSDT ve LTCUSDT'ye ait geriye yönelik testin icrasından sonra, bu makalede ileri sürülen modelde, Optimize edilmiş MACD parametreleri ile yapılan uzun-kısa işlemlerden elde edilen kârlılığın, optimize edilmemiş MACD parametreleri ile yapılan uzun kısa işlemlerden elde edilen kârlılıktan daha iyi sonuç ürettiği gözlemlenmiştir.

Varsayılan MACD değerleri,

- Hızlı: 12
- Yavaş: 26,
- Düzeltme: 9 'dur.

Bu parametreler, MACD indikatörünün ilk olarak Gerald Appel tarafından geliştirildiği 1970'lerde yaygın olarak kullanılan parametrelerdir. Bu parametreler, MACD indikatörünün temel özelliklerini yansıtır ve çoğu yatırımcı için iyi bir başlangıç noktasıdır.

Tablo 3'te elde edilen değerlerin, varsayılan değerlere pek de yakın olmadığı gözlemlenmiştir. Bu değerlerin ortalamaları alındığında,

- Hızlı: 11,1
- Yavaş: 20,89,
- Düzeltme: 5,28 'dir.

MACD indikatörü parametrelerini değiştirmek, MACD indikatörünün çalışmasını etkilemek anlamına gelmektedir. Örneğin, 9 periyotluk EMA'yı 5 periyotluk EMA ile değiştirmek, göstergenin daha hızlı tepki vermesini sağlar. Ancak, bu aynı zamanda göstergenin daha az hassas olmasına da neden olur. Optimize edilmiş MACD parametreleri ortalamalarının, varsayılan MACD parametrelerinden daha düşük olması, kripto varlıklarda kâr elde etmek amacı ile yapılan işlemlerde, yatırım yapan kişilerin daha hızlı tepki veren bir indikatöre ihtiyaç duymasından kaynaklanabilir.

Uygulamadaki grafikler incelendiğinde, veriler makine öğrenmesine daha girmeden kâr ve zarar verilerinin net ayrıştığı bir sonuç gözlenmemiştir. Bunun nedeni, kripto varlıkların herhangi bir kurum/kuruluş tarafından denetimi olmamasıdır. Bu yüzden kripto varlıkları "volatil" veya istikrarsız olarak değerlendirmek yerinde olacaktır. Çünkü, bir haber akışıyla, spekülasyonla veya sosyal medya fenomeninin yüklü işlemi ile ani yükselişler ve düşüşler sergileyebilir. Bu ani yükselişler veya düşüşler, satın alma işleminden hemen sonra oluşursa, mum verilerinden elde edilen istatistiksel hesaplamalara göre alım ve satım işlem kararının sağlıklı verildiğinden bahsedilemeyecektir.

Optimize edilmiş MACD parametreleri ile karar verilen uzun-kısa işlemler, eğitilmiş makine öğrenmesi algoritmaları ile tahmin ettirildiğinde, "en iyi sonuç veren" algoritma gözlemlenmemiştir. Ancak, makine öğrenmesi algoritmaları ile, zarar ettiren verilerin ayıklanması ile daha iyi kârlılığın elde edilebileceği gözlemlenmiştir. Bu modelde, ADAUSDT kripto para çiftinde bir kar elde edilememiştir. Ancak LTCUSDT çiftinde, derin öğrenme algoritmasının kullanılması ile LTCUSDT paritesinde %93.55 kar elde edilebileceği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla geliştirilen bu modelin LTCUSDT çiftine ADAUSDT çiftinden daha fazla uyduğu söylenebilir.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkısı:** Çalışma Konsepti/Tasarımı: S.U.A.; Veri Toplama: B.Y.Ş.; Veri Analizi /Yorumlama: B.Y.Ş.; Yazı Taslağı: B.Y.Ş.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: S.U.A.; Son Onay ve Sorumluluk: S.U.A., B.Y.Ş.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer Review:** Externally peer-reviewed

**Author Contributions:** Conception/Design of study: E.Ç.A., D.T.; Data Acquisition: E.Ç.A., D.T.; Data Analysis/Interpretation: E.Ç.A., D.T.; Drafting Manuscript: E.Ç.A., D.T.; Critical Revision of Manuscript: E.Ç.A., D.T.; Final Approval and Accountability: E.Ç.A., D.T.

**Conflict of Interest:** The authors have no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The authors declared that this study has received no financial support.

#### ORCID:

Berna Yaman Şahin 0000-0002-9796-8864

Sema Ulutürk Akman 0000-0002-4075-8313

#### KAYNAKLAR / REFERENCES

- Aguirre, A. A. A., Medina, R. A. R., & Méndez, N. D. D. (2020). Machine learning applied in the stock market through the Moving Average Convergence Divergence (MACD) indicator. *Investment Management & Financial Innovations*, 17(4), 44.
- Chatterjee, S., Sarkar, S., Dey, N., Ashour, A. S., & Sen, S. (2018). Hybrid non-dominated sorting genetic algorithm: II-neural network approach. In *Advancements in Applied Metaheuristic Computing* (pp. 264-286). IGI Global.
- Choudhry, R., & Garg, K. (2008). A hybrid machine learning system for stock market forecasting. *International Journal of Computer and Information Engineering*, 2(3), 689-692.
- Çalış, A., Kayapınar, S., & Çetinyokuş, T. (2014). Veri Madenciliğinde Karar Ağacı Algoritmaları ile Bilgisayar ve İnternet Güvenliği Üzerine Bir Uygulama. *Endüstri Mühendisliği*, 25(3), 2-19.
- Demirel, A. C., & Hazar, A. (2021). Kripto para değerlerine dayanılarak BİST 100 endeks hareketi tahmininde destek vektör makineleri uygulaması. *Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(1), 27-35.
- Gupta, B., Rawat, A., Jain, A., Arora, A. ve Dhami, N. (2017). Veri madenciliğinde sınıflandırmaya yönelik çeşitli karar ağacı algoritmalarının analizi. *Uluslararası Bilgisayar Uygulamaları Dergisi*, 163 (8), 15-19.
- Holland, J. H. (1992). Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence.
- Kara, Y., Boyacıoğlu, M. A., & Baykan, Ö. K. (2011). Predicting direction of stock price index movement using artificial neural networks and support vector machines: The sample of the Istanbul Stock Exchange. *Expert systems with Applications*, 38(5), 5311-5319.
- Karadağ, K. (2022). *Hibrit derin öğrenme modelleri ile hisse senedi fiyat tahmini* (Master's thesis, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Kim, H., & Shin, K. (2007). A hybrid approach based on neural networks and genetic algorithms for detecting temporal patterns in stock markets. *Applied Soft Computing*, 7(2), 569-576. doi:10.1016/j.asoc.2006.03.004
- Kumar, M., Husain, M., Upreti, N., & Gupta, D. Genetic algorithm: review and application. Available at SSRN 3529843 (2010).
- Latha, R. S., Sreekanth, G. R., Suganthe, R. C., Geetha, M., Selvaraj, R. E., Balaji, S., ... & Ponnusamy, P. P. (2022, January). Stock Movement Prediction using KNN Machine Learning Algorithm. In *2022 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)* (pp. 1-5). IEEE.
- Odabaşı, M. B., & Toklu, M. C. Yapay Sinir Ağları ve Derin Öğrenme Algoritmalarının Kripto Para Fiyat Tahmininde Karşılaştırmalı Analizi. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 6(2), 96-107.
- Olorunnimbe, K., & Viktor, H. (2023) Deep Learning in The Stock Market—A Systematic Survey of Practice, Backtesting, and Applications. *Artif Intell Rev*, 56, 2057-2109. <https://doi.org/10.1007/s10462-022-10226-0>
- Pabuççu, H., Ongan, S., & Ongan, A. (2023). Forecasting the movements of Bitcoin prices: an application of machine learning algorithms. *arXiv preprint arXiv:2303.04642*.
- Pai, P. F., & Wei, W. R. (2007, December). Predicting movement directions of stock index futures by support vector models with data preprocessing. In *2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 169-173). IEEE.
- Sel, A. (2020). Pandemi sürecinde altın fiyatları ile kripto para ilişkisinin makine öğrenme metotları ile incelenmesi. *İstatistik ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 1(2), 85-98.
- Singh, S., & Gupta, P. (2014). Comparative study ID3, cart and C4. 5 decision tree algorithm: a survey. *International Journal of Advanced*

*Information Science and Technology (IIAIST)*, 27(27), 97-103.

Şenol, D., & Denizhan, B. (2023). Kripto Para Değerinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. *Endüstri Mühendisliği*, 34(1), 42-69.

Yavuz, S., & Deveci, M. (2012). İstatiksel normalizasyon tekniklerinin yapay sinir ağı performansına etkisi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (40), 167-187.

Yusoff, Y., Ngadiman, M. S., & Zain, A. M. (2011). Overview of NSGA-II for optimizing machining process parameters. *Procedia Engineering*, 15, 3978-3983.

#### **Atıf Biçimi / How cite this article**

Yaman Şahin, B., Ulutürk Akman, S. Performance comparison of genetic and machine learning algorithms in crypto markets. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 151–164. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1411482>

# A New Proposal for the Measurement of Criterion Weights in the Scope of Multi-Criteria Decision Making: Somer's D-DEMATEL based Hybrid Approach (SDBHA)

Furkan Fahri ALTINTAŞ<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>(Assoc. Prof.), Aydın Provincial Gendarmerie Command, Aydın, Türkiye

## ABSTRACT

The obtained results underscore the effectiveness of the SDBHA in objectively determining criteria weights across various countries. Sensitivity and comparative analyses with other well-established methods, such as ENTROPY, CRITIC, SD, SVP, LOPCOW, and MEREC, were conducted to assess the sensitivity, credibility, and reliability of SDBHA. According to the findings, SDBHA is sensitive and close to a credible and reliable state. Remarkable observations include the effectiveness of SDBHA, as indicated by simulation analyses, in consistently distinguishing and determining criteria weights across various scenarios, demonstrating its stability and robustness. In conclusion, SDBHA emerges as a potent and objective criteria weighting technique, notably enhancing the DEMATEL method and providing significant contributions to the literature on MCDM.

**Keywords:** MCDM, Somer's D, DEMATEL, SDBHA, Criteria Weights

## 1. Introduction

Multi-criteria decision making (MCDM) is a methodology that is widely used in complex decision-making processes and mathematical modelling, often involving a variety of factors. MCDM seeks to evaluate and rank alternatives based on the preferences and priorities of decision makers. To achieve this, it is essential to determine the weights of the criteria, which represent the decision-makers' preferences (Saaty, 2008).

The field of MCDM offers a diverse array of techniques, such as ENTROPY, CRITIC, SD, SVP, MEREC, and LOPCOW, for calculating criterion weights (Keleş, 2023). These techniques employ two fundamental characteristics of objective criterion weights: 1) the degree of performance contrast across decision alternatives for each criterion, reflecting the range between maximum and minimum values, and 2) the distinctiveness or conflict among criteria. By understanding and utilising these inherent data characteristics, decision makers can gain valuable insights to guide their decision-making process (Ecer, 2020). Therefore, in the MCDM criterion weighting literature, the criterion weighting logic can differ in methods that consider the relationships between criteria (CRITIC, DEMATEL, MEREC).

Subjective weight coefficients inherently rely on personal experiences and subjective evaluations of decision makers, making them susceptible to variations among individuals (Baş, 2021). Typically, these coefficients are derived from expert judgments, but relying solely on subjective assessments can introduce errors and biases into the decision-making process. In contrast, objective methodologies utilise mathematical models and information within the decision matrix to compute criteria weights, thus disregarding inconsistencies and uncertainties in decision-makers' judgments (Paksoy, 2017; Rahim, 2020; Demir, 2021). Therefore, this study aims to develop the DEMATEL method, a subjective weighting method, with Somer's D method to establish an objective structure. By doing so, the limitation of the DEMATEL method, which is commonly used by researchers, to have a subjective structure can be eliminated, thereby expanding its applicability.

In the study, the most important benefit situation of the Somer's D method, (the relationship status between two variables has an asymmetric structure and accordingly, the detection of the influencing and affected values of the criteria can be done objectively) and the most important benefit situation of the DEMATEL method (determination of the structure of the relationships between

**Corresponding Author:** Furkan Fahri ALTINTAŞ E-mail: furkanfahrialtintas@yahoo.com

Submitted: 04.02.2024 • Revision Requested: 22.03.2024 • Last Revision Received: 23.03.2024 • Accepted: 27.05.2024



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

criteria and accordingly, the calculation of the criteria weights) were taken into consideration and the SDBHA (Somer's D-DEMATEL based Hybrid Approach) method was developed. In this context, with the proposed method, prioritising relationships among variables, the analysis and modelling of variables can be achieved more easily compared to the classical DEMATEL method, considering the constraint of subjectivity in the DEMATEL method. The proposed method constitutes a significant contribution to the existing body of literature on criterion weighting coefficient calculation methods, offering a fresh perspective to the field.

To achieve these objectives, the research delves into objective weighting methods, Somer's D and DEMATEL. Subsequently, the proposed method is employed to measure and rank the weights of criteria for the 19 G20 countries, utilising the Global Innovation Index data for these countries. The validity and reliability of the proposed method were assessed through sensitivity analyses. Comparative analyses were then conducted to evaluate the method's credibility and reliability levels. Finally, simulation analyses were performed to deconstruct the criteria weights and determine the stability of the method.

## 2. Literature

### 2.1. Methods for Calculating Criterion Weights in the Scope of the MCDM

Choosing the best option in decision making requires comparing alternatives across multiple criteria. Accurately weighting these criteria is essential for effective comparison and selection of the most suitable option (Saaty, 2008). Weight coefficients traditionally play this role in Multi-Criteria Decision Making (MCDM) problems (Ecer, 2020).

The field of MCDM offers a diverse array of objective weighting methods, such as CRITIC (Criteria Importance Through Inter Criteria Correlation), ENTROPY, CILOS (Criterion Impact Loss), IDOCRIW (Integrated Determination of Objective Criteria Weights), SVP (Statistical Variance Procedure), SD (Standard Deviation), MEREC (Method Based On Removal Effects of Criteria), LOPCOW (Logarithmic Percentage Change-driven Objective Weighting), and SECA (Simultaneous Evaluation of Criteria and Alternatives) (Ecer, 2020).

The CRITIC method assigns higher weights to criteria with greater variability (disorder) than others, reflecting their importance. It analyzes correlations within the decision matrix to identify inconsistencies between criteria. Standard deviation is used to quantify these contradictions, ultimately determining the criteria weights (Diakoulaki et al., 1995).

The ENTROPY method is a valuable tool for the decision-making process. Following the construction of the decision matrix, this method employs the standard values of the decision matrix and the ENTROPY measure of the criteria to determine the ENTROPY-based criterion weights (Ayçin, 2019; Ulutaş and Topal, 2020).

The CILOS method assigns higher weights to criteria with less impact deviation from ideal values (maximum or minimum). Criteria are evaluated on the basis of a decision matrix, and weights are calculated by solving a system of linear equations (Zavadskas & Podvezko, 2016; Sel, 2020).

The IDOCRIW method is a hybrid approach that combines both the ENTROPY and CILOS methods. This approach focuses on determining the relative impact of a missing index. Initially, the weight coefficients for the criteria are determined using the decision matrix values and the ENTROPY and CILOS methods. Subsequently, the ENTROPY and CILOS weights were integrated to yield the IDOCRIW weights (Pala, 2021).

The SVP method objectively determines criterion weights based on variance. Unlike subjective methods, it relies solely on data to calculate weights by dividing each criterion's variance by the total variance (Odu, 2019; Gülençer Türkoğlu, 2020; Nasser, 2023).

The SD method evaluates the deviation of criterion values from the arithmetic mean of these criteria to determine their weights. To apply this method, the decision matrix is first normalised using its contained values. Subsequently, the standard deviation values for each criterion were calculated and used to determine the criterion weights (Demir, 2021; Uludağ and Doğan, 2021).

Similar to other weighting methodologies, the MEREC method begins by obtaining the decision matrix and its normalised counterpart. Following this, the overall performance values of the decision alternatives are calculated using a natural logarithm-based framework. Subsequently, considering the value of each decision alternative, adjustments to the performance values of the other decision alternatives are recalculated on the basis of the natural logarithm. To conclude this method, the weight values for the criteria are determined by calculating the removal effect on each criterion, specifically the sum of absolute deviations. Additionally, in this method, as the influence of criteria on decision alternatives increases, the weight coefficients of the criteria also increase (Demir, 2021; Keshavarz-Ghorabae et al., 2021).

The LOPCOW method integrates data to find balanced weights for the criteria. It considers both individual variability and the interrelationships between criteria. The method normalises the decision matrix and uses standard deviation to adjust for data magnitude, ultimately determining the weights (Ecer Pamucar, 2022).

The SECA method simultaneously evaluates decision alternatives and criterion weights. It analyzes the decision matrix using standard deviation to determine both disagreement between criteria and criteria weights through a multi-objective optimisation model (Keshavarz-Ghorabae et al., 2018).

## 2.2. Somers’D Coefficient

Somer’s D coefficient is a non-symmetric measure used to assess the relationship between two ordinal variables. It can also gauge the impact of an independent variable on a dependent variable. Ranging between -1 and +1, a value of 0 signifies no association (Somers, 1962; Karagöz, 2010a; Karagöz, 2010b). Moreover, Somer’s D can be computed as long as the variables’ effect and relationship status, along with their respective data, do not merge into a single cell (Demir, 2022).

Somer’s D coefficient offers several quantitative measurement advantages. First, its simple structure allows integration into various mathematical models. Second, it is robust, resistant to outliers, and insensitive to linearity, yielding more reliable results, especially with real-world data showing non-uniform distribution. Third, it assists in identifying relationships between variables, distinguishing them as dependent or independent, and evaluating their impacts on each other. Finally, Somer’s D coefficient accurately predicts positive or negative interactions and relational structures between variables (Newson, 2006).

Additionally, Somer’s D method establishes a statistical framework by considering relationships and interactions among variables in decision matrices, focussing on the "Accuracy Ratio." This aspect underscores the method’s reliability and stability in decision making. The correlation coefficients computed by this method demonstrate consistency in criterion weighting and its ability to yield results comparable to those of other methods, thereby enhancing its credibility (Orth, 2016). Fifth, Somers’s D method aligns well with other measurement modelling methods, facilitating easier comparison of results and enabling more comprehensive analysis (Metsämuuronen, 2020). Sixth, Somer’s D method has a nonparametric property (Oktay, 2017). Parametric tests generally require assumptions such as normal distribution of data and homogeneity of variances. However, nonparametric techniques do not require such strict assumptions and do not make any assumptions about the sample distribution (Kalaycı, 2019). Therefore, Somer’s D can be used to measure relationships and effects between variables without any restrictions.

The Somer’s D method offers distinct advantages over other interactive coefficients found in the literature. Among nominal-scale correlation coefficients such as Phi Coefficient, Contingency Coefficient, Cramer’s V, Goodman-Kruskal Tau, and Uncertainty Coefficient, which are commonly used, Somer’s D correlation coefficient stands out due to its ability to transition from an ordinal-scale structure to a nominal-scale structure. This inclusivity allows for the measurement of ordinal-scale correlation coefficients on a nominal scale, rendering Somer’s D more versatile than others (Kalaycı, 2019). Conversely, Kendall’s Tau b, Kendall’s Tau c, Gamma, Spearman Coefficient (Rho), and Pearson correlation coefficients are symmetric, limiting their ability to calculate values indicating the influence of variables on each other and their mutual impact. Consequently, numerous studies in the literature use Somer’s D relationship coefficient, especially in the context of objective criterion weighting methods. Table 1.

**Table 1.** Somer’s D coefficient in relation to current research

Author(s)	Method(s)	Theme
Torres-Ruiz et al., 2021	AUC and Somer’s D	Reassessing the Severity and Prognosis of COVID-19: Exploring the Influence of Clinical and Immunobiotype Factors
Yovi and Yamada, 2023	Somer’s D	Analysis of the Relationship Among Fatigue Variables within the Scope of Occupational Health Status
Sánchez-Cabrero et al., 2023	Somer’s D, chi-square, and Eta	Analysis of the Relationship Among Teaching Training Variables
Valencia-Arias et al., 2023	Somer’s D	Analysis of the Relationship Among Variables of Student Satisfaction
Valencia-Arias and Restrepo, 2020	Somer’s D	Analysis of Relationship Constructs Found in the Theory of Planned Behaviour

When the relationship between two variables is classified as dependent and independent variables, 11 application steps are required to determine the Somer’s D correlation coefficient. The application steps of the Somer’s D correlation coefficient are explained below (Oktay, 2017).

**Step 1: Obtaining the Decision Matrix**

$$x = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{1j} \\ x_{21} & x_{22} & x_{2j} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & x_{ij} \end{bmatrix} \quad (1)$$

**Step 2: Calculating the  $P_{ij}^*$  Values**

The  $P_{ij}^*$  values represent the sum of the cells to the south and east of the cell at (i,j) in the decision matrix, starting from the northwest corner. The calculation formula for  $P_{ij}^*$  is as follows:

$$P_{ij}^* = \sum_{i' > i}^I \sum_{j' > j}^J x_{i'j'} \quad (2)$$

The letter "I" represents the latest value of "i", and the letter "J" represents the latest value of "j".

**Step 3: Calculating the C Value (Compatible Pairs)**

$$P = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij} P_{ij}^* \quad (3)$$

**Step 4: Calculating the  $R_{ij}^*$  Value**

The  $R_{ij}^*$  value represents the sum of the cells to the southwest of the cell at (i,j) in the decision matrix, starting from the northeast corner. The calculation formula for  $R_{ij}^*$  is as follows.

$$R_{ij}^* = \sum_{i' < i}^I \sum_{j' > j}^J x_{i'j'} \quad (4)$$

**Step 5: Calculating the R Value (Compatible Pairs)**

$$R = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij} R_{ij}^* \quad (5)$$

**Step 6: Calculating the Number of Values Dependent on Only the  $C_a$  Variable ( $T_{C_a}$ )**

In the context of different types of dependent values, if the observation in the (i,j) cell is dependent only on the values in the i-th row of the  $C_a$  variable, the number of observations dependent on  $C_a$  is calculated as shown in Equation 6.

$$2T_{C_a} = \sum_{i=1}^I x_{i+}^2 + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}^2 \quad (6)$$

**Step 7: Number of Observations Dependent on Only the  $C_b$  Variable ( $T_{C_b}$ )**

In the context of different types of dependent values, if the observation in the (i,j) cell is dependent only on the values in the i-th row of the  $C_b$  variable, the number of observations dependent on  $C_b$  is calculated as shown in Equation 7.

$$2T_{C_b} = \sum_{i=1}^I x_{+j}^2 + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}^2 \quad (7)$$



**Step 8:** Number of Observations Dependent on Both the  $C_a$  and  $C_b$  Variables ( $C_{ab}$ )

In the context of different types of dependent values, if the observation in the  $(i,j)$  cell is dependent on the values in the  $i$ -th row of both the  $C_a$  and  $C_b$  variables, the number of observations dependent on  $C_a$  and  $C_b$  is given in Equation 8.

$$2C_{ab} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}^2 - x \quad (8)$$

**Step 9:** Determining the Effect of  $C_b$  on  $C_a$  ( $\hat{d}_{C_b C_a}$ )

The maximum likelihood estimator of the coefficient ( $\theta$ ) is given in Equation 9, depending on the multinomial sampling model.

$$\hat{d}_{C_b C_a} = \frac{P - R}{P + R + T_{C_b}} = \frac{2(P - R)}{x^2 - \sum_{i=1}^I x_{i+}^2} \quad (9)$$

**Step 10:** Determining the Effect of  $C_a$  on  $C_b$  ( $\hat{d}_{ab}$ )

The effect of  $C_a$  on  $C_b$  can be estimated using the maximum likelihood estimator, which is given in Equation 10.

$$\hat{d}_{C_a C_b} = \frac{P - R}{P + R + T_{C_a}} = \frac{2(P - R)}{n^2 - \sum_{i=1}^I x_{i+j}^2} \quad (10)$$

**Step 11:** Determining Somer's D Correlation Coefficient ( $\hat{d}$ )

The Somer's D correlation coefficient can be estimated using the maximum likelihood estimator, which is given in Equation 11.

$$\hat{d} = \frac{2(P - R)}{x^2 - \frac{1}{2}(\sum_{i=1}^I x_{i+}^2 + \sum_{i=1}^I x_{+j}^2)} \quad (11)$$

**2.3. DEMATEL Method**

DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) is a subjective criterion weighting method devised by Gabel and Fontela in 1972. It facilitates the identification of interdependencies among variables with mutual relationships within a relational structure in multi-criteria decision-making (Dinçer, 2019; Tepe, 2021). In the DEMATEL method, variables exhibiting an "influencing" nature in the relationship structure are termed "causes," while those with an "affected" nature are referred to as "effects" (Dinçer, 2019; Atan and Altan, 2020).

The DEMATEL method has found successful applications in various technical and social problems. In addition to identifying the relationship structure between variables, it can also compute the importance values of these variables (Haste, 2020; Karadağ Albayrak, 2021). When preparing the decision matrix in the DEMATEL method, the influence values of variables can be determined through subjective opinions obtained from an expert or a group of experts (Paksoy, 2017; Kaya and Karaşan, 2020). Consequently, the DEMATEL method offers a means to visually represent the relationships between criteria (Çelikkilek, 2019; Özceylan and Özkan, 2020).

The DEMATEL method offers several advantages. First, it effectively analyses mutual influences, including both direct and indirect effects, among different factors, thereby unravelling complex cause-and-effect relationships in decision-making problems. Second, it visualises the interrelationships between factors, facilitating a clear understanding of which factors mutually influence one another. Third, DEMATEL can determine alternative rankings, identify critical evaluation criteria, and measure the weights of these criteria (Aghelie et al., 2016; Si et al., 2019). Fourth, the method can analyse an unlimited number of indicators and examine relationships even in the presence of data shortages (Ogradnik, 2018).

The DEMATEL method has been widely utilised by many researchers to determine inter-variable relationships, interactive structures, and criterion weights (Šmidovnik and Grošelj, 2021). In this context, current studies related to the DEMATEL method are presented in Table 2.

**Table 2.** DEMATEL in relation to current research

Author(s)	Method(s)	Theme
Kumar et al., 2023	Modified Pythagoreanfuzzy VIKOR and DEMATEL	Assessment of Sustainable Carbon Dioxide Storage in Geological Formations
Nezhad et al., 2023	Fuzzy DEMATEL and Fuzzy AHP	Evaluating Factors Affecting the Readiness for Implementing IoT in Industries
Özdemirci et al., 2023	T-Spherical fuzzy TOP-DEMATEL	Evaluation of Alternative Social Banking Systems
Mao et al., 2023	Cumulative prospect theory and fuzzy DEMATEL	Choosing Technology for the Treatment of Solid Plastic Waste
Pinto, 2023	Cognitive mapping and the DEMATEL	Examining the Roots of Urban Blight

The application steps of the method are as follows (Ayçin, 2019; Dinçer, 2019; Öksüz and Öngel, 2021).

**Step 1:** Creation of the direct relationship (impact values) matrix (D)

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{1j} & d_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{i1} & d_{ij} & d_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{m1} & d_{mj} & d_{mn} \end{bmatrix} \tag{12}$$

Given that  $m=n$ , the values of m and n represent the number of criteria. The values in the direct relationship matrix explain the direct relationship between the  $i.th$  variable and the  $j.th$  variable.

The direct relationship matrix is typically constructed by obtaining information from the decision maker or decision makers that are experts in the relevant subject. The decision-maker or decision-makers determine their decisions using an enhanced comparison scale, as shown in

**Table 3.** DEMATEL comparative scale

Numerical Value	Description
0	Ineffective
1	Low impact
2	Moderate impact
3	High impact
4	Very high impact

**Step 2:** Creation of the normalised decision matrix (x)

In order to normalise the direct relationship matrix, all values are normalized by dividing them by the maximum value of the row and column sums. The normalised decision matrix is used to create the total impact matrix. The normalisation process uses equations 13 and 14.

$$s = \min \left[ \frac{1}{\max_i \sum_{j=1}^m |d_{ij}|}, \frac{1}{\max_j \sum_{i=1}^n |d_{ij}|} \right] \tag{13}$$

$$x = s.d \tag{14}$$

**Step 3:** Creation of the total impact matrix (T)

Equation 15 is transformed into the matrix described in equation 16. The total impact matrix is created by subtracting the normalised direct relationship matrix from the identity matrix, taking the inverse, and then multiplying it by itself. Therefore, the total impact matrix reflects its relationship with the normalised decision matrix.

$$T = x + x^2 + \dots + x^h = x(1 - x)^{-1} \quad (15)$$

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{1j} & t_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{i1} & t_{ij} & t_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{m1} & t_{mj} & t_{mn} \end{bmatrix} \quad (16)$$

**Step 4:** Identification of the impact values ( $d_i$ )

The sum of each row value for the criteria in the total impact matrix is calculated.

$$d_i = \sum_{i=1}^m t_{ij} \rightarrow D = \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_i \\ \vdots \\ d_m \end{bmatrix}_{m \times 1} \quad (17)$$

**Step 5:** Estimation of the impacted values ( $r_j$ )

The sum of each column value for the criteria in the total impact matrix is calculated.

$$r_j = \sum_{j=1}^n t_{ij} \rightarrow R[r_1, \dots, r_j \dots r_n]_{1 \times n} \quad (18)$$

**Step 6:** Estimation of the relationship intensity ( $(RC)_j$ )

$$(RC)_j = d_i + r_j \quad (19)$$

**Step 7:** Determining the Nature of Criteria as "Influencing"  $d_i > r_j$  : If the impact value of criterion ( $d_i$ ) is greater than the affected value of criterion ( $r_j$ ) then criterion ( $d_i$ ) is considered to be the cause of criterion ( $r_j$ ).

**Step 8:** Determination of the Nature of Criteria as "Affected"

$d_i < r_j$ : If the impact value of criterion ( $d_i$ ) is less than the affected value of criterion ( $r_j$ ), then criterion ( $d_i$ ) is considered to be the effect of criterion ( $r_j$ ).

**Step 9:** Determination of the Threshold Value

To create an appropriate influence diagram and make sound decisions, an appropriate threshold value is required. The threshold value can be determined by conducting interviews with stakeholders or researchers. However, it can be difficult to bring stakeholders together. In a more objective sense, the threshold value can be calculated as the arithmetic mean of the total relationship matrix ( $T$ ) values.

**Step 10:** Calculation of the Criterion Weights ( $w_i$ )

First, the square of the sum of the values for the criteria's direct and indirect effects is added to the square of the difference between the values for the criteria's direct and indirect effects. The square root of the resulting value is then calculated. It was shown in Equation 20.

$$w_{ja} = \sqrt{\left[ \sum_{i=1}^m (d_i) + \sum_{j=1}^n (r_j) \right]^2 + \left[ \sum_{i=1}^m (d_i) - \sum_{j=1}^n (r_j) \right]^2} \quad (20)$$

Second, the weight coefficients of the criteria were calculated by dividing the value of each criterion by the total value of the criteria.

$$w_i = \frac{w_{i_a}}{\sum_{i=1}^m w_{i_a}} \quad (21)$$

### 3. Materials and Methods

#### 3.1. Proposed Method (Somer's D-DEMATEL based Hybrid Approach)

In determining the weights of criteria, the distinctiveness and conflict among criteria highlight the nature of the criteria in terms of priority and importance (Ecer, 2020). Therefore, within the scope of MCDM, there can be various differences in the methods used to calculate weight coefficients.

In the DEMATEL method, the importance and weight of a variable is determined by the extent to which it positively or negatively affects other variables. Accordingly, if a criterion has the highest positive or negative influence on other criteria and the value of its impact on other criteria is maximal, then the weight assigned to that criterion will be the highest. Therefore, the variable that contributes the most to the relational structure in the DEMATEL method has the highest weight coefficient (Ecer, 2020; Valencia-Arias et al., 2023).

In the CRITIC method, the weight coefficient of a variable is maximised when the sum of its relationships with other variables is minimised (positive) or maximised (negative) and the standard deviation value is maximised (Diakoulaki et al., 1995). Therefore, in the CRITIC method, the weight value of a variable increases as it becomes more distinct from other variables. In the ENTROPY method, as the degree of uncertainty of criterion increases relative to other criteria, the weight coefficient of the criterion decreases. Thus, the criterion with the highest degree of uncertainty acquires a more distinctive quality than other criteria (Ayçin, 2019). In the MEREC method, the weight of a particular criterion increases as the absolute difference between the average of criteria with respect to decision alternatives, either by excluding or considering the criterion, and the average of criteria with respect to decision alternatives becomes smaller (Keshavarz-Ghorabae et al., 2021). Consequently, the criterion with the highest weight has the greatest impact on decision alternatives. In the SD method, the weight of the criterion is maximised when its standard deviation is the highest (Demir, 2022). Similarly, in the SVP method, the weight of a criterion is maximised when its variance is the highest (Nasser, 2023). In the LOPCOW method, the mean square value of each criterion is calculated as a percentage of the standard deviations, effectively mitigating the discrepancy (gap) arising from the dimensionality of the data. Consequently, a decrease in the standard deviation of a criterion will reduce the gap attributed to the size of the data for that criterion, leading to an increase in the weight assigned to the criterion (Ecer and Paumucar, 2022).

The objective weighting methods described above (ENTROPY, CRITIC, SD, SVP, MEREC, and LOPCOW) focus on determining the importance (weight coefficient) of a criterion by considering its differentiation from other criteria through their respective techniques. However, the DEMATEL method, unlike other methods, offers a more advantageous structure in determining criterion weights by considering both negative (divergence) and positive effects (similarity). In this context, the DEMATEL method provides a broader framework by incorporating contrasts that form the logic of criterion weighting, making it more advantageous than other methods.

The DEMATEL method, as explained earlier, is a subjective criterion weighting technique (Torres-Ruiz et al., 2021). Evaluations conducted within the scope of subjective weighting methods can lead to biases and errors (Rahim, 2020; Demir et al., 2021; Paksoy, 2021). In this context, the impact values between criteria can be determined using Somer's D coefficient, and these impact values can be integrated into the direct relation matrix created within the DEMATEL method. Subsequently, using Somer's D method, the total impact of each criterion on others and the total influence of each criterion by others are calculated. Then, these values are integrated into the DEMATEL method using Equation 20, and the criterion with the highest total impact and influence values is considered the most important. Thus, the subjective criterion weighting nature of the DEMATEL method can be transformed into objective weighting by turning towards Somer's D, resulting in the Somer's D-DEMATEL based Hybrid Approach (SBDHA). The DEMATEL method's first three steps are designed to identify the degree to which a criterion affects other criteria. In the proposed method, the values of the criteria affecting each other and being affected by each other are determined using Somer's D correlation coefficient from Equations 1 to 10. These values are then processed from Equations 22 to 32 to calculate the weights of the criteria.

#### Step 11: Construction of the impact matrix based on Somer's d

$m=n$ : The number of criteria is denoted.

$C_{ivi}$ : The text specifies the independent variable criteria in the column.

$C_{dvj}$ : The text specifies the dependent variable criteria in the row

$\hat{d}_{C_j} \rightarrow$ : The total influencing values of any criterion in the scope of Somer's D on other criteria are represented.

$\hat{d}_{C_j} \leftarrow$ : The total affected values of any criterion in the scope of Somer's D on other criteria are represented.

$$SD = \begin{matrix} C_{iv1} \\ C_{iv2} \\ \vdots \\ C_{ivm} \end{matrix} \begin{bmatrix} C_{dv1} & C_{dv2} & \dots & C_{dvm} \\ sd_{11} & sd_{12} & \dots & sd_{1m} \\ sd_{21} & sd_{22} & \dots & sd_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ sd_{n1} & sd_{n2} & \dots & sd_{nm} \end{bmatrix} \quad (22)$$

**Step 12:** Calculation of the total influence of criteria based on Somer’s D Method ( $\hat{d}_{C_j} \rightarrow$ )

In this step, the total influence of each criterion on the other criteria is calculated using Somer’s D correlation coefficient.

$$(1) \text{ for } \hat{d}_{C_1 \rightarrow} : |\hat{d}_{C_1 \rightarrow C_2}| + |\hat{d}_{C_1 \rightarrow C_3}| + |\hat{d}_{C_1 \rightarrow C_4}| \dots \dots + |\hat{d}_{C_1 \rightarrow C_n}| = \left( \sum_{j=1}^{n-1} \left| \hat{d}_{C_1 \rightarrow C_{j+1}} \right| \right) \quad (23)$$

$$(2) \text{ for } \hat{d}_{C_2 \rightarrow} : |\hat{d}_{C_2 \rightarrow C_1}| + |\hat{d}_{C_2 \rightarrow C_3}| + |\hat{d}_{C_2 \rightarrow C_4}| \dots \dots + |\hat{d}_{C_2 \rightarrow C_n}| = \left( \sum_{j=0, j \neq 1}^{n-1} \left| \hat{d}_{C_2 \rightarrow C_{j+1}} \right| \right) \quad (24)$$

$$(3) \text{ for } \hat{d}_{C_3 \rightarrow} : |\hat{d}_{C_3 \rightarrow C_1}| + |\hat{d}_{C_3 \rightarrow C_2}| + |\hat{d}_{C_3 \rightarrow C_4}| \dots \dots + |\hat{d}_{C_3 \rightarrow C_n}| = \left( \sum_{j=0, j \neq 2}^{n-1} \left| \hat{d}_{C_3 \rightarrow C_{j+1}} \right| \right) \quad (25)$$

$$\begin{matrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{matrix}$$

$$(m) \text{ for } \hat{d}_{C_n \rightarrow} : |\hat{d}_{C_n \rightarrow C_1}| + |\hat{d}_{C_n \rightarrow C_2}| + |\hat{d}_{C_n \rightarrow C_3}| \dots \dots + |\hat{d}_{C_n \rightarrow C_{n-1}}| = \left( \sum_{j=1}^{n-1} \left| \hat{d}_{C_n \rightarrow C_j} \right| \right) \quad (26)$$

**Step 13:** Calculation of the Total Effectedness of Criteria Based on Somer’s D Method ( $\hat{d}_{C_i \leftarrow}$ )

In this step, the total effect of each criterion on other criteria is calculated using Somer’s D correlation coefficient.

$$(1) \text{ for } \hat{d}_{C_1 \leftarrow} : |\hat{d}_{C_1 \leftarrow C_2}| + |\hat{d}_{C_1 \leftarrow C_3}| + |\hat{d}_{C_1 \leftarrow C_4}| \dots \dots + |\hat{d}_{C_1 \leftarrow C_m}| = \left( \sum_{i=1}^{m-1} \left| \hat{d}_{C_1 \leftarrow C_{i+1}} \right| \right) \quad (27)$$

$$(2) \text{ for } \hat{d}_{C_2 \leftarrow} : |\hat{d}_{C_2 \leftarrow C_1}| + |\hat{d}_{C_2 \leftarrow C_3}| + |\hat{d}_{C_2 \leftarrow C_4}| \dots \dots + |\hat{d}_{C_2 \leftarrow C_m}| = \left( \sum_{i=0, i \neq 1}^{m-1} \left| \hat{d}_{C_2 \leftarrow C_{i+1}} \right| \right) \quad (28)$$

$$(3) \text{ for } \hat{d}_{C_3 \leftarrow} : |\hat{d}_{C_3 \leftarrow C_1}| + |\hat{d}_{C_3 \leftarrow C_2}| + |\hat{d}_{C_3 \leftarrow C_4}| \dots \dots + |\hat{d}_{C_3 \leftarrow C_m}| = \left( \sum_{i=0, i \neq 2}^{m-1} \left| \hat{d}_{C_3 \leftarrow C_{i+1}} \right| \right) \quad (29)$$

$$\begin{matrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{matrix}$$

$$(m) \text{ for } \hat{d}_{C_m \leftarrow} : |\hat{d}_{C_m \leftarrow C_1}| + |\hat{d}_{C_m \leftarrow C_2}| + |\hat{d}_{C_m \leftarrow C_3}| \dots \dots + |\hat{d}_{C_m \rightarrow C_{m-1}}| = \left( \sum_{i=1}^{m-1} \left| \hat{d}_{C_m \leftarrow C_i} \right| \right) \tag{30}$$

**Step 14:** Calculation of the Criteria Weights ( $w_i$ )

In this step, after the total influencing and affected values of the criteria are found, the logic of Equation 31 shown in the last step of the DEMATEL method is considered. Therefore, the square root of the sum of the squares of the total influencing and affected coefficients of a criterion and the sum of the squares of the differences between the total influencing and affected coefficients of the same criterion, is measured ( $w_{i_k}$ ).

$$w_{i_k} = \sqrt{[(\hat{d}_{C_j \rightarrow}) + (\hat{d}_{C_i \leftarrow})]^2 + [(\hat{d}_{C_j \rightarrow}) - (\hat{d}_{C_i \leftarrow})]^2} \tag{31}$$

After the criteria are evaluated, the weights ( $w_{i_k}$ ) of the criteria are calculated by dividing the value of each criterion by the sum of the values of all criteria ( $\sum_{i=1}^m w_{i_k}$ ).

$$w_i = \frac{w_{i_k}}{\sum_{i=1}^m w_{i_k}} \tag{32}$$

As a result, the SDBHA method is a hybrid method that combines Somer’s D and DEMATEL methods. In this regard, the SDBHA method has several advantages. First, because the Somer’s D impact coefficients are between 0 and 1 or -1 and 0, normalisation is not required before determining the criterion weights. This helps to reduce the number of processing steps. Second, the SDBHA method can be used to create a matrix of interactions between criteria, similar to the DEMATEL method. This characteristic, especially if there is a theoretical basis for the relationship between criteria, allows the analysis of which criteria should be affected by which criteria. This allows the development of strategies to improve and develop criteria. However, the ENTROPY, CRITIC, SD, SVP, MEREC, and LOPCOW methods do not provide an interaction matrix between criteria. Third, the numerical interaction value diversity of the SDBHA method is greater than that of the classical DEMATEL method. In the classical DEMATEL method, the effects between the directly related matrices between criteria are 0, 1, 2, 3, and 4. However, in the SDBHA method, the aforementioned direct relationship matrix is provided with any effect values between 0 and 1 or -1 and 0, with the help of Somer’s D correlation coefficient. This shows that the SDBHA method measures with real numerical values compared with the classical DEMATEL method, and therefore increases the reliability of the SDBHA method. The fourth advantage of the SDBHA method is that it is sensitive to 0 and negative values. In other words, even if there are zero or negative values in the decision matrix, the weight values of the criteria can be calculated using the SDBHA method. However, in the ENTROPY and MEREC methods, the weights of the criteria cannot be calculated because the subsequent steps are undefined when the values in the decision matrix are negative or 0 because the ENTROPY and MEREC methods have a logarithmic transformation feature. However, only negative values can be converted to positive values using the Z-score technique. Finally, the fifth advantage of the SDBHA method is that it considers both the separation and similarity of criteria in the measurement of criterion weights, similar to the DEMATEL method. However, in the ENTROPY, CRITIC, SD, SVP, MEREC, and LOPCOW methods, the criterion weight measurement logic is based only on the separation of criteria from other criteria with mathematical models. In this context, the SDBHA method has a broader and more inclusive feature (separation and similarity) than other objective criterion weighting methods. Because, in the SDBHA method, similar to the DEMATEL method, when both positive and negative influence and affected values increase, the weight coefficient of criteria also increases.

While the SDBHA method offers advantages, it poses drawbacks, notably in determining criterion weight coefficients due to computational complexity. As the number of criterion increases, intricate interactions escalate, demanding complex calculations for Somer’s D impact and affected coefficients. Although software like SPSS or Python can handle these computations, manual

calculation of Somer’s D coefficient without such tools is arduous and time-consuming. However, adapting formulas for Microsoft Excel can simplify the process to some extent, facilitating the extraction of interactive or reciprocal relationships between criteria.

### 3.2. Data Set and Analysis of the Study

The research dataset comprises the Global Innovation Index (GII) criteria for 2022, focussing on 19 countries within the G20 group. The rationale behind selecting this dataset is to assess the discriminatory efficacy of the proposed model criteria among countries, considering the substantial variations in values within this specific dataset. To facilitate understanding of the research, Table 4 elucidates the abbreviations associated with this dataset. Table 4

Table 4. *GII criterion abbreviations*

GII Criteria	Criteria Abbreviations
Institutions	GII1
Human Capital and Research	GII2
Infrastructure	GII3
Market sophistication	GII4
Business sophistication	GII5
Knowledge and technology outputs	GII6
Creative outputs	GII7

## 4. The Case Study

### 4.1. Computational Analyses

To facilitate the research, Somer’s D method was used to calculate the values of the criteria affecting and being affected by each other for the 9th (Equation 9) and 110th (Equation 10) steps. Subsequently, Equation 22 is used to construct the Somer’s d impact matrix. The results of these calculations are presented in Table 5.

Table 5. *Reciprocal influences of the GII criteria on each other and values of influence received from one another*

Criteria	Dependent Variables							Total Impact Values	
	GII1	GII2	GII3	GII4	GII5	GII6	GII7		
Independent Variables	GII1	0	0,585	0,444	0,766	0,591	0,497	0,38	3,263
	GII2	0,588	0	0,629	0,494	0,706	0,541	0,612	3,57
	GII3	0,447	0,629	0	0,447	0,624	0,482	0,624	3,253
	GII4	0,766	0,491	0,444	0	0,591	0,614	0,439	3,345
	GII5	0,591	0,702	0,62	0,591	0	0,673	0,614	3,791
	GII6	0,497	0,538	0,48	0,614	0,673	0	0,684	3,486
	GII7	0,389	0,623	0,635	0,449	0,629	0,701	0	3,426
Total influence values	3,278	3,568	3,252	3,361	3,814	3,508	3,353	24,134	

In the final step, the weights of the criteria were calculated using Equations 30 and 31. The results of these calculations are presented in Table 6.

Table 6. *Criteria weight*

Cri.	$\hat{d}_{c_j \rightarrow}$	$\hat{d}_{c_i \leftarrow}$	$(\hat{d}_{c_j \rightarrow} + \hat{d}_{c_i \leftarrow})^2$	$(\hat{d}_{c_j \rightarrow} - \hat{d}_{c_i \leftarrow})^2$	$w_{ik}$	$w_i$	Ranking
GII1	3,263	3,278	42,7847	0,000225	6,541017	0,135513	6
GII2	3,57	3,568	50,9510	0,000004	7,138000	0,147881	2
GII3	3,253	3,252	42,3150	0,000001	6,505000	0,134767	7
GII4	3,345	3,361	44,9704	0,000256	6,706019	0,138932	5
GII5	3,791	3,814	57,8360	0,000529	7,605035	0,157557	1
GII6	3,486	3,508	48,9160	0,000484	6,994035	0,144899	3
GII7	3,426	3,353	45,9548	0,005329	6,779393	0,140452	4
<b>Total</b>					48,26850		

### 4.2. Sensibility Analyses

This study evaluated the EXCEBM method’s sensitivity in MCDM. Sensitivity analysis involves applying different weighting methods to a dataset and comparing the results. To assess EXCEBM’s sensitivity, we expect the weight rankings it generates to differ from those obtained using established objective weighting techniques (Gigovič et al., 2016). Consistent with this approach, we utilised established objective weighting techniques to compute and arrange the weighting coefficients associated with the GII components. These techniques, which are widely employed in scholarly literature, include ENTROPY, CRITIC, SD, SVP, MEREC, and LOPCOW. The corresponding numerical results are meticulously presented in Table 6.

Table 7. Results from alternative approaches for calculating objective weighting coefficients

Crireria	ENTROPY		CRITIC		SD	
	Value	Rank	Value	Rank	Value	Rank
GII1	0,164573	4	0,163467	5	0,142105	4
GII2	0,159298	5	0,175225	4	0,140713	5
GII3	0,070034	7	0,177098	3	0,095625	7
GII4	0,135129	6	0,212622	1	0,132316	6
GII5	0,197835	2	0,125705	7	0,157028	2
GII6	0,273132	1	0,145883	6	0,181573	1
GII7	0,181157	3	0,178453	2	0,150639	3

Crireria	SVP		LOPCOW		MEREC	
	Value	Rank	Value	Rank	Value	Rank
GII1	0,205301	1	0,145873	3	0,138346	5
GII2	0,130519	5	0,14274	4	0,121069	6
GII3	0,069559	7	0,150857	2	0,081209	7
GII4	0,143758	4	0,164339	1	0,179705	1
GII5	0,156056	3	0,130464	7	0,15391	3
GII6	0,17243	2	0,132647	6	0,153532	4
GII7	0,122378	6	0,13308	5	0,172229	2

An examination of Table 6 reveals that the rankings of the GII weight values according to the SDBHA method are significantly different from the rankings of the GII criterion weight values determined by other methods. This result indicates that the proposed method is sensitive to the underlying relationships among the criteria.

### 4.3. Comparative Analyses

The comparative analysis examines the similarities and differences between the proposed method and other objective weight coefficient calculation methods. The proposed method should be credible and reliable with other methods, while also demonstrating a positive and significant correlation with different weight coefficient methods (Keshavarz-Ghorabae et al., 2021). In support of this, Figures 1 and 2 present a visual analysis of the weight coefficients determined according to the weight measurement methods shown in Table 7.

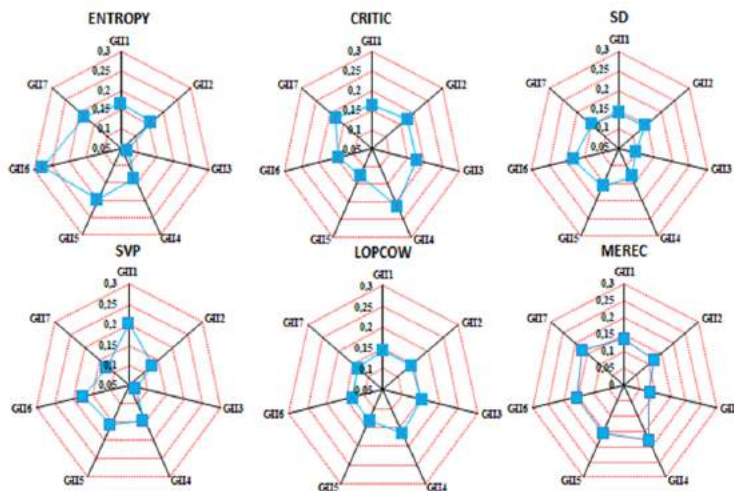


Figure 1. Positions of the ENTROPY, CRITIC, SD, SVP, LOPCOW, and MEREC methods



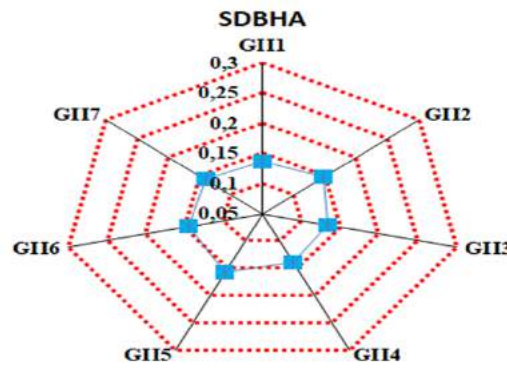


Figure 2. Positions of SDBHA-1

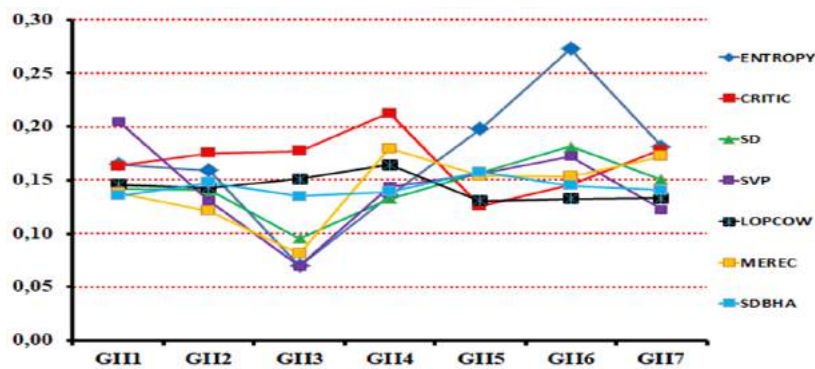


Figure 3. Positions of the methods

A visual analysis of Figures 1, 2, and 3 reveals that the decrease and increase stability rates of a certain criterion from a certain point to another point with the SDBHA method are more similar to those formed with the ENTROPY and SD methods than those formed with other methods. This indicates that the SDBHA method has a positive relationship with the SD and ENTROPY methods. The correlation values between the SDBHA method and other methods are presented in Table 7 to support this conclusion.

Table 8. Correlation values of the SDBHA method with those of other methods

Methods	ENTROPY	CRITIC	SD	SVP	LOPCOW	MEREC
SDBHA	0,513*	-0,659*	0,545*	0,182	-0,600*	0,242

p\* < .05

#### 4.4. Simulation Analyses

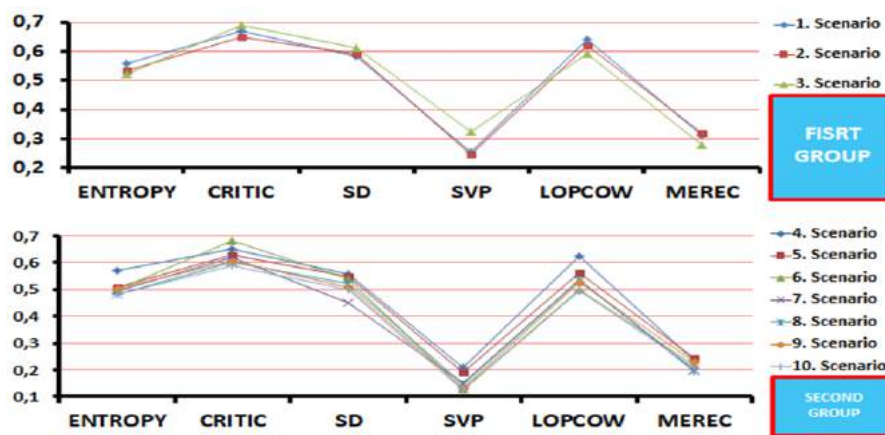
Simulations with varying decision matrices show the proposed method’s robustness. It diverged from other methods as the scenarios increased, indicating stability. Furthermore, the proposed method’s average weight variance across scenarios should surpass alternatives, demonstrating better discrimination between criterion weights. Finally, weight variance uniformity across methods should be confirmed (Keshavarz-Ghorabae et al., 2021). To assess the consistency of the SDBHA method with other objective weighting methods, a simulation analysis was performed. This analysis involved generating 10 different scenarios, each with a unique set of decision matrix values. For each scenario, correlation coefficients between the SDBHA and other methods were calculated. The results of the simulation analysis are presented in Table 8 and Figure 4.

When Table 8 and Figure 4 are examined together, the 10 scenarios are divided into two groups. The first group consists of the first three scenarios, and the second group consists of the last seven scenarios. As shown in Figure 4, as the number of scenario increases, the correlation values of the SDBHA method with other methods diverge and decrease. Therefore, it is thought that the characteristic features of the SDBHA method become more pronounced as the number of scenario increases. In addition, it was determined that the correlation values of the SDBHA method with the ENTROPY, CRITIC, SD, and LOPCOW methods are significant in all scenarios. In addition, the distribution of the relationships of the SDBHA method with other methods in space within groups is specified in Figure 5.

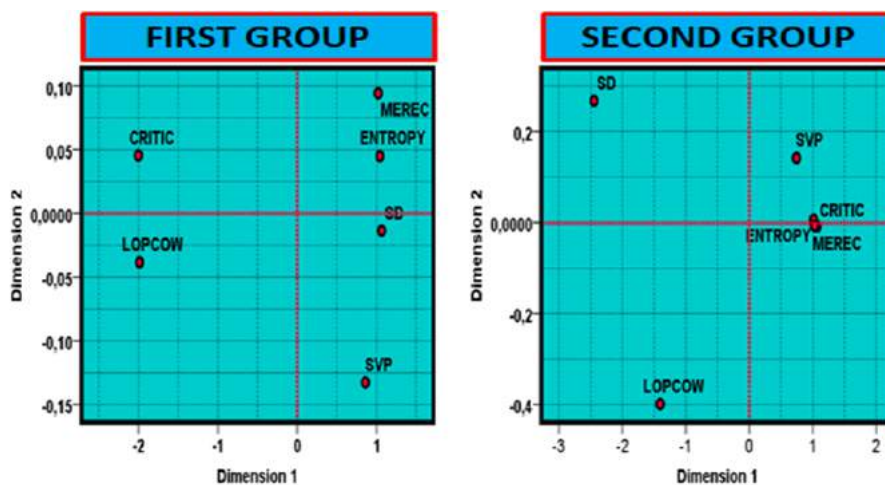
**Table 9.** Correlation values of the SDBHA method with other methods within the scope of scenarios

Group	Scenarios	ENTROPY	CRITIC	SD	SVP	LOPCOW	MEREC
First group	1. Scenario	0,560*	-0,670*	0,585*	0,255	-0,642*	0,310*
	2. Scenario	0,535*	-0,650*	0,590*	0,245	-0,620*	0,320*
	3. Scenario	0,520*	-0,690*	0,610*	0,325	-0,590*	0,280*
Group	Scenarios	ENTROPY	CRITIC	SD	SVP	LOPCOW	MEREC
Second group	4. Scenario	0,569*	-0,650*	0,555*	0,21	-0,625**	0,235*
	5. Scenario	0,510*	-0,630*	0,550*	0,19	-0,560*	0,245*
	6. Scenario	0,500*	-0,680*	0,540*	0,13	-0,500*	0,220*
	7. Scenario	0,495*	-0,620*	0,450*	0,15	-0,534*	0,200*
	8. Scenario	0,480*	-0,600*	0,520*	0,145	-0,535*	0,195*
	9. Scenario	0,505*	-0,605*	0,540*	0,135	-0,525*	0,230*
	10. Scenario	0,480*	-0,590*	0,500*	0,125	-0,495*	0,210*
	Mean	0,515	-0,639	0,561	0,191	-0,563	0,245

p\* < .05



**Figure 4.** Correlation assessment of the SDBHA method with alternative approaches across diverse scenarios



**Figure 5.** Discriminant analysis of the interrelation between the SDBHA method and alternative methodologies in diverse scenarios

Table 8 demonstrates a positive, moderate correlation between the SDBHA method and the ENTROPY and SD methods in various scenarios, consistent with the expected positive correlation between the SD and ENTROPY methods. Figure 5 further supports this observation, showing that the correlation values of the ENTROPY and SD methods closely group together in the first scenario group. However, in the second scenario group, correlations between the SDBHA method and SD/ENTROPY decreased, indicating reduced sensitivity of the SDBHA method to underlying criteria relationships as the number of scenarios increased. Similarly, in the first group of scenarios, the SDBHA method demonstrated a negative, moderate correlation with the

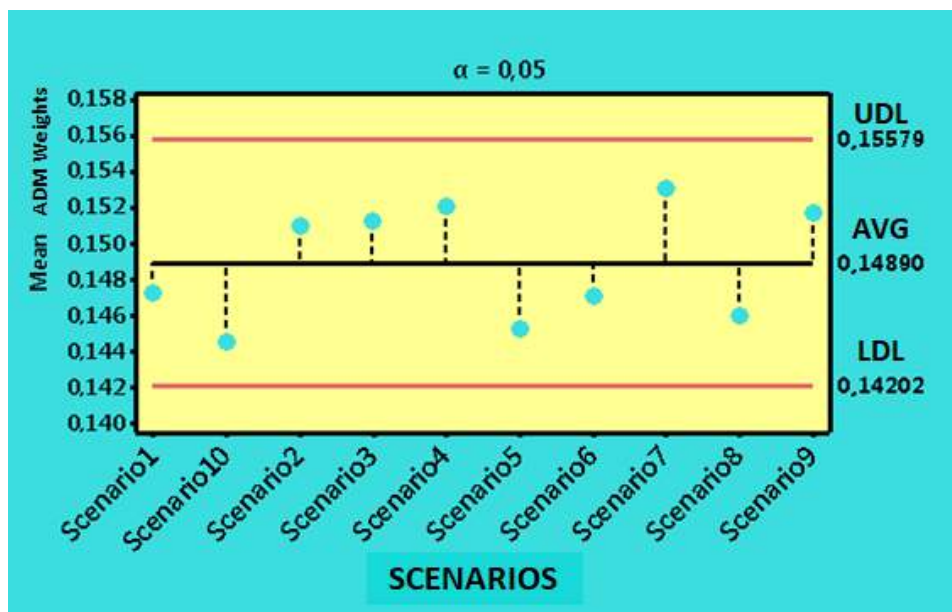
CRITIC and LOPCOW methods. However, in the second group of scenarios, correlation values between the SDBHA method and CRITIC/LOPCOW decreased, indicating reduced similarity between the CRITIC and LOPCOW methods as scenario numbers increased. Consequently, it is observed that distinct method characteristics become more pronounced with an expanding number of scenarios, leading to increasingly discernible differences between methods. Throughout the simulation analysis, the variance values for each method across scenarios were calculated, as outlined in Table 9.

**Table 10.** Variation values of the methods across scenarios

Scenario	SDBHA	ENTROPY	CRITIC	SD	SVP	LOPCOW	MEREC
1. Sce.	0,000286	0,000249	0,000213	0,000263	0,000253	0,000298	0,000307
2. Sce.	0,000272	0,000246	0,000226	0,000252	0,000265	0,000280	0,000289
3. Sce.	0,000279	0,000244	0,000209	0,000269	0,000249	0,000286	0,000294
4. Sce.	0,000293	0,000253	0,000235	0,000246	0,000272	0,000271	0,000289
5. Sce.	0,000266	0,000249	0,000239	0,000253	0,000258	0,000292	0,000302
6. Sce.	0,000285	0,000241	0,000204	0,000260	0,000263	0,000277	0,000282
7. Sce.	0,000288	0,000257	0,000230	0,000248	0,000259	0,000293	0,000299
8. Sce.	0,000269	0,000242	0,000217	0,000256	0,000269	0,000269	0,000277
9. Sce.	0,000276	0,000251	0,000240	0,000247	0,000256	0,000282	0,000290
10. Sce.	0,000289	0,000247	0,000199	0,000265	0,000260	0,000274	0,000289
Mean	0,000280	0,000248	0,000221	0,000256	0,000260	0,000282	0,000292

Table 9 clearly shows that the SDBHA method consistently demonstrates higher average variance values across scenarios compared with the variance values of the ENTROPY, CRITIC, SD, and SVP methods. Conversely, these values consistently remained lower than those observed for the LOPCOW and MEREC methods. Thus, the SDBHA method exhibits an enhanced ability to discern criteria weights, as evidenced by its higher average variance value relative to the ENTROPY, CRITIC, SD, and SVP methods.

To further assess the homogeneity of variances in the criterion weights of the SDBHA method, an ADM (ANOM for variances with Levene) analysis was conducted across various scenarios. This analytical approach offers a visual representation of variance uniformity, consisting of three elements: the general average ADM serving as the centreline, along with upper and lower decision limits (UDL and LDL). If the standard deviations of all clusters fall within the LDL and UDL, this confirms variance homogeneity (Keshavarz-Ghorabae et al., 2021). Figure 6 presents a visual representation of the ADM analysis.



**Figure 6.** ADM Visual

As shown in Figure 6, the ADM values calculated for each scenario are located below the UDL values and above the LDL values. This indicates that the variances in the identified weights for each scenario are homogeneous. This determination was further confirmed by the Levene Test, the fundamental statistics of which are outlined in Table 10.

Table 11. Levene test

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
0,510	2	10	0,240

**p\*\*<.05**

The p-value of 0.240 from Table 10 exceeds the significance threshold of 0.05, indicating that the variances in criterion weights across scenarios are homogeneous. Overall, the results of the simulation analysis indicates the robustness and stability of the SDBHA method.

## Conclusion

Complex decision-making scenarios often necessitate the consideration of multiple criteria, a process effectively addressed by MCDM methodologies. Assigning appropriate weights to these criteria is essential to reflect their varying degrees of importance and ensure an unbiased decision-making process. Researchers have developed diverse weight determination methods, enriching the field of MCDM. This study introduces Somer's D-DEMATEL based Hybrid Approach (SDBHA) as a novel approach for determining criterion weights.

The research dataset consisted of values related to the Global Innovation Index (GII) criteria for 19 countries in the G20 group. This study first calculated and ranked the weights of the GII criteria for countries according to the proposed method (SDBHA). Second, the weights of the criteria were calculated and ranked using the ENTROPY, CRITIC, SD, SVP, LOPCOW, and MEREC objective weighting methods based on the GII values of the countries in question. These findings indicates that the SDBHA method is sensitive because the GII rankings of the SDBHA method are very different from those of the other methods.

The SDBHA method was compared with other methods to assess their relationships. Results revealed a positive, significant, and moderate correlation between the SDBHA method and the ENTROPY and SD methods, indicating its reliability and credibility. In the simulation analysis, 10 scenarios emerged by varying quantities assigned to countries. Positive, significant, and moderate correlations were consistently observed between the SDBHA method and the ENTROPY and SD methods across all scenarios. The scenarios were then categorised into two groups, revealing differing and decreasing relationships between the SDBHA method and other methods as scenario numbers increased. In general, the different characteristics of the methods became more pronounced as the number of scenarios increased. The differences and characteristics between the methods were also increasingly noticed. The variance values of the SDBHA and other criterion objective weighting methods were also calculated and compared within the scenarios. The SDBHA method was found to have a higher variance value than the ENTROPY, CRITIC, SD, and SVP methods. This indicates that the SDBHA method performs better in discriminating between criteria than the other methods. In the final stage of the simulation analysis, the homogeneity of the variances in the criterion weights of the SDBHA method was examined. The ADM (ANOM for variances with Levene) and Levene test analyses showed that the ADM values calculated for each scenario were below the UDL values and above the LDL values. This indicates that the SDBHA method is robust and stable.

## Discussion

This study aims to transform the subjective nature of the DEMATEL method into an objective one. This will allow the weights of the criteria for decision alternatives to be calculated without the need for subjective judgement, expert opinion, or personal evaluation. In addition to the original DEMATEL method being subjective and the proposed DEMATEL method being objective, this study also increases the comprehensiveness of the DEMATEL method (with the proposed method) compared with other weighting methods. In future studies, the proposed method can be further developed to create a relationship map and impact diagram that are objective in nature. This will allow the mutual interactions and relationships between variables within the DEMATEL framework to be revealed objectively. Furthermore, further development of the proposed method can contribute to the field of statistics by providing a framework for modelling the relationships and interactions between variables, such as structural equation modelling, curve estimation analysis, relationship coefficient analysis, canonical correlations, and probit and logit functions. In addition, future research could develop new objective weighting methods based on the properties of methods that determine the relationships and effects between criteria. In addition, curve estimation could be used to objectively calculate the weights of criteria by taking into account the relationships between criteria using regression analysis with various functions (quadratic, cubic, logarithmic, S-curve, exponential, etc).

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Conflict of Interest:** The author has no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The author declared that this study has received no financial support.

## ORCID:

Furkan Fahri ALTINTAŞ 0000-0002-0161-5862

## REFERENCES

- Aghelie, A., Mustapha, N. M., Sorooshian, S., & Azizan, N. A. (2016). Mathematical Modeling of Interrelationship Analysis to Determine Multi-Criteria Decision Making Casual Relations. *Journal of Advanced Research Design*, 20(1), 8-33.
- Atan, M., & Altan, Ş. (2020). *Örnek Uygulamalarla Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Ayçin, E. (2019). *Çok Kriterli Karar Verme*. Ankara: Nobel Yayın.
- Baş, F. (2021). *Çok kriterli karar verme yöntemlerinde kriter ağırlıklarının belirlenmesi*. Ankara: Nobel Bilimsel.
- Çelikbilek, Y. (2018). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Demir, G. (2022). Hayat dışı sigorta sektöründe kurumsal performansın PSI-SD tabanlı MABAC metodu ile ölçülmesi: Anadolu Sigorta örneği. *Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 112-136.
- Demir, G., Özyalçın, T., & Bircan, H. (2021). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve ÇKKV Yazılımı ile Problem Çözümü*. Ankara: Nobel.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The Critic Method. *Computers & Operations Research*, 22(7), 763-770.
- Dinçer, S. E. (2019). *Çok Kriterli Karar Alma*. Ankara: Gece Akademi.
- Ecer, F. (2020). *Çok Kriterli Karar Verme*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Ecer, F., & Pamucar, D. (2022). A novel LOPCOW-DOBI multi-criteria sustainability performance assessment methodology: An application in developing country banking sector. *Omega*(112), 1-17.
- Fontela, E., & Gobus, A. (1976). *The DEMATEL observer*. Geneva: Battelle Geneva Research Center.
- Gigović, L., Pamučar, D., Bajič, Z., & Milicevič, M. (2016). The Combination of Expert Judgment and GIS-MAIRCA Analysis for the Selection of Sites for Ammunition Depots. *Sustainability*, 8(232), 1-30.
- Gülençer, İ., & Türkoğlu, S. P. (2020). Gelişmekte Olan Asya ve Avrupa Ülkelerinin Finansal Gelişmişlik Performansının İstatistiksel Varyans Prosedürü Temelli OCRA Yöntemiyle Analizi. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 55(2), 1330-1344.
- Haste, H. (2020). DEMATEL Yöntemi. H. Bircan içinde, *Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Kriter Ağırlıklandırma Yöntemleri* (s. 78-94). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kalaycı, Ş. (2014). *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri* (3-409 b.). Ankara, Türkiye: Anı Yayın Dağıtım.
- Karadağ, A. (2021). *Gri Sistem Teorisi Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ve Uygulama Örnekleri Teori ve Uygulama*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Karagöz, Y. (2010). *İlişki Katsayıları* (1 b.). Ankara, Türkiye: Detay Yayıncılık.
- Karagöz, Y. (2010). İlişki Katsayısı ile Öğrenci Başarı Faktörlerinin Belirlenmesi. *Electronic Journal of Social Sciences*, 9(32), 425-446.
- Kaya, İ., & Karaşan, A. (2020). *Çok Kriterli Karar Verme*. Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Keleş, N. (2023). *Uygulamalarla Klasik ve Güncel Karar Verme Yöntemleri*. Ankara: Nobel Bilimsel.
- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2018). Simultaneous Evaluation of Criteria and Alternatives (SECA) for Multi-Criteria Decision-Making. *Informatica*, 29(2), 265-280.
- Kumar, P., Jana, C., Pal, M., & Simic, V. (2023). Sustainable carbon dioxide storage assessment in geological media using modified Pythagorean fuzzy VIKOR and DEMATEL approach. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(25), 9474-9497.
- Mao, Q., Chen, J., Lv, J., Guo, M., & Xie, P. (2023). Selection of plastic solid waste treatment technology based on cumulative prospect theory and fuzzy DEMATEL. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 41505-41536.
- Metsämuuronen, J. (2020). Dimension-Corrected Somers' D for the Measurement Modelling Settings. *International Journal of Educational Methodology*, 6(2), 297-317.
- Nasser, A. A., Alkhalaidi, A. A., Ali, M. N., Hankal, M., & Al-olofe, M. (2019). A Weighted Euclidean Distance - Statistical Variance Procedure based Approach for Improving the Healthcare Decision Making System in Yemen. *Indian Journal of Science and Technology*, 12(3), 1-15.
- Newson, R. (2006). Confidence Intervals for Rank Statistics: Somers' D and Extensions. *The Stata Journal*, 6(3), 309-334.
- Nezhad, M. Z., Nazarian-Jashnabadi, J., Rezazadeh, J., Mehraeen, M., & Bagheri, R. (2023). Assessing Dimensions Influencing IoT Implementation Readiness in Industries: A Fuzzy DEMATEL and Fuzzy AHP Analysis. *Journal of Soft Computing and Decision Analytics*, 1(1), 102-123.
- Odu, G. O. (2019). Weighting Methods for Multi-Criteria Decision Making Technique. *J. Appl. Sci. Environ. Manage*, 23(8), 1449-1457.
- Ogrodnik, K. (2018). The use of the dematel method to analyse cause and effect relationships between sustainable development indicators. *EKONOMIA (ŚRODOWISKO)*, 4(67), 60-72.

- Oktaç, E. (2017). İlişki Ölçüleri. Erzurum: Erzurum Kültür Eğitim Kitap Kırtasiye. Orth, W. (2010). The predictive accuracy of credit ratings: Measurement and statistical inference. *Munich Personal RePEc Archive*(2/10), 1-17.
- Özceylan, E., & Özkan, B. (2020). DEMATEL (Decision Makng Trial and Evaluation Laboratory) Yöntemi ile Lojistik Performans Endeksi Kriterlerinin Değerlendirilmesi. M. Kabak, & Y. Çınar içinde, *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri MS EXCEL Çözümlü Uygulamalar* (s. 61-73). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Özdemirci, F., Yüksel, S., Dinçer, H., & Eti, S. (2023). An assessment of alternative social banking systems using T-Spherical fuzzy TOP-DEMATEL approach. *Decision Analytics Journal*, 6, s. 1-8.
- Paksoy, S. (2017). A DEMATEL method for identifying critical success factors in an implementation of information system project. *Eurasian Academy of Sciences Eurasian Econometrics, Statistics & Empirical Economics Journal*, 6, 1-17.
- Paksoy, S. (2017). *Çok Kriterli Karar Vermede Güncel Yaklaşımlar*. Adana: Karahan Kitapevi.
- Pala, O. (2021). IDOCRIW ve MARCOS temelli BIST ulaştırma işletmelerinin finansal performans analizi. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(23), 263-294.
- Pinto, B. M., Ferreira, F. A., Spahr, R. W., Sunderman, M. A., & Pereira, L. F. (2023). Analyzing causes of urban blight using cognitivemapping and DEMATEL. *Annals of Operations Research*, 325, 1083–1110.
- Saaty, T. L. (2008). International Journal of Services Sciences. *Decision making with the analytic hierarchy process*, 1(1), 83-98.
- Sánchez-Cabrero, R., Mañoso-Pacheco, L., & León-Mejía, A. C. (tarih yok). Gender-Differentiated Perceptions of Teaching among Preservice Teachers of Secondary Education. *12*, 1-19.
- Sel, A. (2020). IDOCRIW Yöntemi. H. Bircan içinde, *Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Kriter Ağırlıklandırma Yöntemleri* (s. 37-50). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Si, S.-L., You, X.-Y., Liu, H.-C., & Zhang, P. (2018). DEMATEL Technique: A Systematic Review of the State-of-the-Art Literature on Methodologies and Applications. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-33. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/3696457>.
- Šmidovnik, T., & Grošelj, P. (2021). Inclusion of uncertainty with different types of fuzzy numbers into DEMATEL. *Serbian Journal of Management*, 16(1), 49-59.
- Somers, R. H. (1962). A new asymmetric measure of association for ordinal variables. *American Sociological Review*, 27(6), 799–811.
- Tepe, S. (2021). *Örnek Uygulamalarla Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Ankara: Akademisyen Kitapevi.
- Torres-Ruiz, J., Perez-Fragoso, A., Maravillas-Montero, J., Llorente, L., Mejia-Dominguez, N. R., Paez-Franco, J., . . . Gomez-Martin, D. (2021). Redefining COVID-19 Severity and Prognosis: *The Role of Clinical and Immunobiotypes*. *The Journal Frontiers in Immunology*, 12, 1-13.
- Uludağ, A. S., & Doğan, H. (2021). *Üretim Yönetiminde Çok Kriterli Karar Verme*. Ankara: Nobel.
- Ulutaş, A., & Topal, A. (2020). *Bütünleştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemlerinin üretim sektörü uygulamaları*. Ankara: Akademisyen Kitapevi.
- Valencia-Arias, A., & Restrepo, L. M. (2020). Entrepreneurial Intentions among Engineering Students: Applying a Theory of Planned Behavior Perspective. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 28(1), 59–69.
- Valencia-Arias, A., Rendón, C. C., Palacios-Moya, L., Benjumea-Arias, M., Cavero, J., Moreno-López, G., & Gallegos-Ruiz, A. L. (2023). Model Proposal for Service Quality Assessment of Higher Education: Evidence from a Developing Country. *Education Sciences*, 13(83), 1-16.
- Yovi, E. Y., & Yamada, Y. (2023). Addressing Occupational Ergonomics Issues in Indonesian Forestry: Laborers, Operators or Equivalent Workers. *Croat. j. for. eng.*, 40(2), 351-363.
- Zavadskas, E. K., & Podvezko, V. (2016). Integrated determination of objective criteria wights in MCMD. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 15(2), 267-283.

### How cite this article

Altıntaş, F.F. (2024). A new proposal for the measurement of criterion weights in the scope of multi-criteria decision making: Somer's D-DEMATEL based hybrid approach (SDBHA). *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 165–182. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1431410>

# A Sectoral Application for Green Vehicle Routing Problem Optimization with Capacity Constrained and Heterogeneous Fleet\*

Furkan Dişkaya<sup>1</sup> , Sait Erdal Dinçer<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>(Asst. Prof.), İstanbul Beykent University, Industrial Engineering, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>(Prof. Dr.), Marmara University, Department of Econometrics, İstanbul, Türkiye

\*This study was produced from the thesis titled " Vehicle Routing Optimization for The National Road Freight Transport in Green Logistics Management", which was accepted in the Operations Research Doctorate program of Marmara University

## ABSTRACT

The vehicle routing problem (VRP), which is a type of traveling salesman problem (TSP), is a combinatorial optimization problem which determines the shortest route distribution from a central warehouse to customer points in certain locations. Today, global climate change resulting from high greenhouse gas emissions and the rapid decrease in natural resources have begun to threaten life as well as the sustainability of our economic structures. For this purpose, businesses have begun to prioritize to the concept of green logistics, which is based on the strategy of environmentally friendly activities in the production of goods and services. In this study, a mathematical model is proposed to solve the green vehicle routing problem with capacity limited and heterogeneous fleet (CHFGVRP), which is a type of vehicle routing problem under the green logistics strategy. Metaheuristic approaches produce successful solutions when solving routing problems with an NP-hard class problem structure. The presented model was developed by Ekol Inc., with the help of the Genetic Algorithm (GA) and Tabu Search (TS) metaheuristic solution approaches. It has been optimized as a real distribution operation for logistics businesses. The main purpose of the present study is assigning vehicles of different capacities of a logistics company to the most suitable loads for two different order sets, to determine the most appropriate customer point route. Thus, as transportation costs decrease thanks to fuel savings, the amount of carbon emissions released into the environment will also decrease. The results of this research will contribute to businesses which seek environmental and economic sustainability, as well as to the developing scientific literature on the subject.

**Keywords:** Green vehicle routing problem, genetic algorithm, tabu search

## 1. Introduction

Many common activities, including transportation, production, and heating, emit greenhouse gases into the atmosphere and increase the environmental restrictions to the point where they threaten the continuity of life for all living things. High carbon emissions, one of the main causes of the global climate concerns, is an extremely important problem that requires attention from the entire world.

Countries have taken action to reduce greenhouse gas emissions caused by fossil fuel use through many international agreements, such as the Paris Agreement and the Kyoto Protocol. The main purpose of these agreements is to transition to alternative energy sources in order to reduce carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) levels in the atmosphere and to establish a logistics management system that will enable the transportation of vehicles in a way that consumes less energy. In order for these efforts to yield results, regulations that limit the actions of both individuals and companies are extremely important. The main source of (CO<sub>2</sub>) gas in the atmosphere, which makes up approximately 59% of greenhouse gases, is fossil fuels. Transportation is the most notable sector which contributes to this growing concern, with a high rate of 32% in total energy consumption and a share of 23% in carbon emissions (IEA Report, 2023).

Logistics management activities, which are included in all operations of supply chain management, are defined as the delivery of the material to be supplied to the final consumer as a result of activities, such as storage, production, and distribution (Waters, 2003:17). Carrying out all logistics activities while minimizing damage to the environment is referred to as green logistics

**Corresponding Author:** Furkan Dişkaya **E-mail:** furkandiskaya@beykent.edu.tr

**Submitted:** 11.03.2024 • **Revision Requested:** 06.04.2024 • **Last Revision Received:** 11.04.2024 • **Accepted:** 09.05.2024



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

(Srivastara, 2007: 53). It is very important that logistics activities remain sustainable within the scope of the green strategy. Increasing consumption results in a scarcity of natural resources, which causes the ecological balance to deteriorate and the ecosystem to collapse. Logistics operations, which provide all the physical movement of this economic system, are extremely important for sustainable supply chain management systems (Christopher, 2011:11).

Transportation uses the most fossil fuel among logistics activities. Freight transportation, which uses the roads in the country, comprises approximately 76% of transportation activities in Turkey, 69% in the USA, and 45% in EU countries. Therefore, the effective and efficient use of such transportation remains crucial to sustainable and green logistics strategies (Çevik & Gülcan, 2011:39). Therefore, obtaining the best routes for distributing product orders according to sustainable and green principles has become a frequently studied application area for logistics management.

The traditional vehicle routing problem (VRP) is defined as determining the route of transportation activities to minimize the total time and total distance in order to supply the demands of customers at multiple points with vehicles of certain capacities from a central warehouse (Figliozzi, 2010:1). New constraints have been added, with many different models having been proposed according to the different business goals. The most common of these include: distance limited (DARP), capacity limited (CARP), distance and capacity limited (DCARP), recollection (RCARP), multiple warehouse (MWARP), and homogeneous or heterogeneous fleet (HFARP) (Akcakoca et al., 2023:3).

Unlike traditional VRP, the green vehicle routing problem (GVRP) optimizes through including such variables as fuel consumption and gas emissions in addition to the total travel length. Fuel consumption and gas emission variables are affected by a wide variety of factors, such as: travel length, vehicle speed, vehicle load, time-varying speed, and road slope. In this way, GVRP targets alternative fuel use, electric and hybrid vehicle use, and environmentally friendly routing (Lin, 2014: 1). With GVRP, distances traveled and distribution networks will be optimized, with a reduction of fuel consumption through alternative nature-friendly energy sources. Thus, natural energy resources will be consumed less, carbon emissions will decrease, and a positive contribution will be made to the problem of global warming/climate change. This goal becomes possible through an optimization of the organization of vehicle routes, distribution networks, and vehicle fleets (Bruglieri et al., 2022:2).

Operations research optimization problems can be broken down into two types: discrete and continuous. Combinatorial optimization problems, which are a type of problem with discrete decision variables, have a structure which allows for rapid results due to their solution approaches. It is possible to reach the solution by using simple linear programming methods. However, when the number of constraints and variables in the mathematical model of the problem increases according to the difficulty level of the problem, it will become a global optimization problem and enter the NP-hard problem class, which is notoriously difficult to solve (Nilsson, 2003:3). VRP falls under the combinatorial problem class. Within the literature, exact solution approaches to solve such problems have been listed as: branch and bound, branch cutting, cutting plane, and dynamic programming methods (Toth & Vigo, 2002:455). The structure of real-life VRP problems fall under the complex and large-scale NP-hard class. It is not possible to evaluate such problems in an acceptable time with definitive solution approaches. Instead, heuristic and metaheuristic methods must be used, which can provide the result closest to the optimal solution in a shorter time.

This study examines the optimization of the VRP in distribution networks, which is the activity of logistics management with the highest time and cost. For this purpose, an example application has been made on CHFGVRP, which is a type of VRP designed in accordance with the aims of the green logistics strategy. Genetic algorithm (GA) and tabu search algorithm (TS), which are metaheuristic solution methods, were used to model the solution. In practice, data from Ekol Logistics Inc.'s Adana central warehouse was used. To write the algorithm, the C# 6.0 Visual Studio 2015 programming language was used. The main purpose was to assign the vehicles of different capacities of a company operating in the logistics sector to the load in the most appropriate way for distribution planning and to calculate the most appropriate order route. The results will contribute to reducing costs, through fuel savings, and the amount of carbon emissions. Thus, this study aims to contribute to businesses that aim for a more environmentally friendly and sustainable logistics management strategy, as well as the literature on the subject.

## 2. Literature Review

VRP is based on the knight's tour problem posed by Leonhard Euler in 1759. The tour presented in this problem formed the basis of the traveling salesman problem (TSP). TSP is a problem that aims to produce the shortest tour which passes through each of the  $m$  points with known distances only once, at the least cost. The basis of the knight's tour and TSP is to visit each point in a single loop (Parberry, 1996:19). The first known definition of VRP was put forward by Dantzig and Ramser (Dantzig and Ramser, 1959).

VRP is defined as the problem in which routes are determined that enable vehicles with known capacities to reach customer points from a warehouse by minimizing the circulation distances in order to meet a certain demand (Boz et al., 2024: 759). The Clarke and Wright Savings Algorithm was the first such proposition meant to solve this problem (Clarke and Wright, 1964). Afterwards, many different study examples were observed, with many posed for VRP by adding various goals and constraints



(Maranzana, 1964; Webb, 1968; Christofides and Eilon, 1969; Laporte et al., 1987; Lenstra et al., 1990; Laporte, 1992; Solomon et al., 1992; Fisher, 1995; Toth and Vigo, 1998; Nagy and Salhi, 2007).

GVRP differs from classical VRP by aiming to minimize the fuel consumption and total travel length of vehicles. Businesses want to reduce the gas emissions and fuel consumption values of their vehicles in order to foster an image of social responsibility within their sector and also to reduce their costs (Figliozzi, 2010:1). In recent years, there has been an increase in GVRP studies with the influence of environmental policies. Bektaş and Laporte have developed a new approach to the classical VRP as the Pollution Routing Problem, a model in which travel distance, greenhouse gas emissions, and fuel consumption are taken into account simultaneously (Bektaş and Laporte, 2011). Despite this, the first study referred to as GVRP in the literature was put forward by Erdoğan and Miller-Hooks (Erdoğan and Miller-Hooks, 2012).

Suzuki aimed to reduce greenhouse gas emissions and fuel consumption in the model it produced for heavy-duty vehicles (Suzuki, 2011). The study of Demir et al differentiated itself by developing a model for GVRP that included new constraints (Demir et al., 2011). Schneider et al. produced a model for electric vehicles (Schneider et al., 2014). Liu et al. proposed a decision model in which the carbon footprint is minimized (Liu et al., 2014). Lin et al. developed a GVRP model based on genetic algorithms (Lin et al., 2014). In the study of Kramer et al. the team proposed a limited model of speed, planning, and routing with metaheuristic algorithms (Kramer et al., 2015). Hiermann et al. introduced a GVRP model for electric vehicles with different capacities (Hiermann et al., 2016). Koç et al. proposed a model for vehicles with different fuel consumption (Koç et al., 2016). Velázquez-Martínez et al. carried out a study which aimed to reduce carbon emissions with a statistical method (Velázquez-Martínez et al., 2016). Majidi et al. introduced a time-window GVRP model that takes carbon emissions and fuel consumption into account (Majidi, et al., 2017).

Xu et al. implemented a multi-objective decision model that takes into account time window and changing vehicle speed (Xu et al., 2019). Li et al. presented a multi-objective decision model proposal for the multi-warehouse GVRP model (Li et al., 2019). Yu et al. employed an exact solution approach for a problem with a heterogeneous fleet and time window (Yu et al., 2019). Ren et al. presented the green constrained model they pioneered for a fleet consisting of electric, gasoline, and diesel vehicles (Ren et al., 2020). Abdullahi et al. proposed a new vehicle routing model, taking into account social, economic, and environmental factors (Abdullahi et al., 2021) Utama et al. proposed a solution which takes fuel and delay costs into account in green constrained problems with time windows (Utama et al., 2021). Ferreira et al. developed a mathematical model for a GVRP with discrete delivery and loading constraints (Ferreira et al., 2021). Fakhrzad et al. proposed a model to solve the green vehicle routing problem that arises in case of demand uncertainty (Fakhrzad et al., 2022). Su et al. developed a genetic algorithm-based model for a GVRP with multiple warehouses and a limited time window (Su et al., 2023). Meng et al. implemented an application for the heterogeneous green vehicle routing problem in case of different customer service demands (Meng et al., 2023).

When examining the literature, it can be seen that many different models and solution methods have been used for VRP and GVRP. According to the information obtained from studies in which metaheuristic solution methods are frequently used due to the problem structure, the following evaluations are taken as basis for the solution approach to be used in the study:

- GA and GA-based hybrid approaches have been frequently used as solution methods in studies. It was observed that they provide better results than other methods.
- For VRP, which is a permutation-based problem by nature, the most suitable approaches to permutation-based coding used to define the model are GA and TS methods.
- Since GA, semi-stochastic, and TS can be suitable for deterministic data structures, they are also suitable for all data that can be used in VRP problems.
- While GA directly benefit from the objective function for the solution, the TS method can develop a solution without the objective function. Additionally, both methods are population-based. Such similar and different features will add effectiveness and comparative richness to the solution.

### 3. Problem Definition and Methods

In the study, a mathematical model was proposed to solve the CHFGVRP, with metaheuristic algorithms used for the solution. Within the scope of the application, the study aimed to optimize the central warehouse Ekol Logistics Inc.'s central warehouse. The first part of this section includes the data set obtained from the business. In the second step, the mathematical model proposed for problem solving will be presented, before expressing the stages of the methods to be used in the solution.

#### 3.1. Data Set

Data of order sets belonging to two different customer groups served by the Adana central warehouse of Ekol Logistics Inc. were used in the problem. Table 1 expresses the values of two different order sets in terms of quantity and quantity.

**Table 1.** Customer Orders

Order Set	1	2
Number of Distribution Points	161	154
Total Number of Orders (pieces)	499	372
Total Order Quantity (vw*)	39281	36306

\*vw: volumetric weight = (Length x Width x Height) / 3000

The Yandex map application was used to obtain the map and distance matrix for the customer locations where the distribution will be made. Customer location information for both order sets are illustrated in Figure 1 and 2.



**Figure 1.** Order Set-1 Customer Locations



**Figure 2.** Order Set-2 Customer Locations

The vehicle fleet information used to deliver the customer orders is included in Table 2 below.

Algorithms were written based on information received from the business. According to this:

- An average of 350-450 orders per day are distributed to approximately 130-170 order points.
- Distribution is made six days a week, between Monday and Saturday.
- Loading and unloading times of transported goods are blurred because they vary depending on the delivery point, product weight, product volume, and delivery time. According to the information received from the company, the loading process takes an average of 10 minutes and the unloading process takes an average of 15 minutes. The algorithm was written accordingly.

- The time window during which vehicles operate for delivery and return orders is scheduled between 07:30 - 19:00 each day. Depending on return orders, vehicle returns may be extended until 21:00.
- According to the information obtained from the map service, the average speed of the vehicles was recorded as 40 km/h.
- The coordinates of customer points were used to produce the distance matrix. With the help of the clustering algorithm, the points closest to each other have been grouped together and the delivery points have been marked. This was done to ensure that delivery vehicles can serve order points with a single vehicle. Since the number of points in the distribution network is very high, the distance matrix table was not expressed nor in the algorithm.
- Orders arriving at the warehouse automatically fall into the order pool after they are prepared, with the loads and averages of the vehicles being determined according to the load amount and condition of the route. As there was no algorithm or program used for this purpose in the business, the transactions are organized entirely by the intuitive planning of the employees.

**Table 2.** *Vehicle Fleet List*

Vehicle code	Type	Brand	Vw	Fuel Consumption (lt/km)	Carbon Emission (gr/lt)*
A <sub>1</sub>	Light Truck	Iveco	7615	0,18	480,78
A <sub>2</sub>	Van	Iveco	6000	0,14	373,94
A <sub>3</sub>	Light Truck	Mercedes	10662	0,21	560,91
A <sub>4</sub>	Light Truck	Iveco	7213	0,17	454,07
A <sub>5</sub>	Panelvan	Fiat	5503	0,12	320,52
A <sub>6</sub>	Truck	Mercedes	12017	0,22	587,62
A <sub>7</sub>	Truck	Mercedes	12017	0,22	587,62
A <sub>8</sub>	Truck	Ford	14805	0,3	801,3
A <sub>9</sub>	Panelvan	Iveco	4990	0,11	293,81

\*1 Liter of diesel = 2671 grams of CO<sub>2</sub>

### 3.2. Mathematical Model

The two main purposes of the mathematical model developed for problem solving, the application of which is included in the study, are to minimize fuel consumption and carbon emissions. According to the literature examined to produce the model, the speed of the vehicle, the time-dependent speed of the vehicle, the load of the vehicle, the slope of the road, the vehicle fleet, and the length of the trip are the main factors which affect the amounts of fuel consumption and carbon emissions. However, it was understood that the problems examined in the studies were modeled in accordance with the various conditions of the relevant country, city, and enterprise. According to the determined variables, business data will be expressed in the model as follows:

- What is the fuel consumption type of the vehicles? All of the vehicles consume fossil fuels.
- What is the capacity type of vehicle fleets? The company's vehicle fleet has a heterogeneous structure.
- Should road slopes be included in the model? Geographically, road slopes vary widely and can be neglected.
- Should the average speed and time-dependent speed of the vehicle be included in the model, depending on the traffic density? Traffic density is stochastic due to regional conditions. Therefore, fuel consumption, which may vary depending on vehicle speed, will not be a valid constraint.
- Since load weights constantly change depending on the loading and unloading frequency, is it appropriate to add them to the model? This constraint has been neglected due to the wide variety of loads carried in the enterprise and the loading and unloading operations occurring very frequently.
- Accordingly, certain sources were used in the production of the linear multi-objective mathematical model written for the CHFGVRP solution (Toth & Vigo, 2002:492; Lei et al., 2006; 957).

#### Parameters:

Z = Total daily working hours (hours), valid for all vehicles.

M = Average distance (km) traveled in traffic in one hour.

K<sub>v</sub> = v ∈ V carrying capacity (vw) of the vehicle.

$B_v = v \in V$  the amount of fuel your vehicle burns per km (liters).  
 $E_v = v \in V$  The amount of carbon emissions (CO<sub>2</sub>) produced by the vehicle per km.  
 $T_{ij} = i \text{ ve } j$  distance between nodes (km).  
 $Q_i = i \in N \setminus \{0\}$  total (vw) of customer's orders.  
 $a$  = Fixed duration (hours) of loading to vehicles in the warehouse.  
 $b$  = Fixed duration (hour) of the delivery process to customers.

**Decision Variables:**

$x_{ijvr} = 1$ , if the vehicle passes through arc  $ij$  at  $v \in V$ , tour  $r \in R$ , otherwise 0  
 $y_{ivr} = 1$ , if vehicle,  $v \in V$ , tour  $r \in R$  it calls at customer  $i$ , otherwise 0  
 $q_{ijvr}$  = Vehicle,  $v \in V$ , tour  $r \in R$ , the total amount of load it carries on the arc  $ij$

**Sets:**

$N = \{0, 1, \dots, N\}$  node set (node 0 represents the warehouse, other nodes are used for customers)  
 $A = \{(i, j) | i, j \in N\}$  arcs. (paths connecting two nodes)  
 $V = \{1, \dots, V\}$  vehicle set  
 $R = \{0, 1, \dots, N - 1\}$  a set of tours that a vehicle can take

**Objective function:**

Objective function 1: The total amount of fuel burned should be minimized

$$\text{Min} \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N T_{ij} \sum_{v=1}^V \sum_{r=0}^{N-1} B_v \cdot X_{ijvr} \tag{1.1}$$

Objective function 2: The total amount of carbon emissions produced should be minimized

$$\text{Min} \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N T_{ij} \sum_{v=1}^V \sum_{r=0}^{N-1} E_v \cdot X_{ijvr} \tag{1.2}$$

**Restrictions:**

Constraint 1: A customer should only be visited once.

$$\sum_{v=1}^V \sum_{r=0}^{N-1} Y_{ivr} = 1 \quad \forall i \in N \setminus \{0\} \tag{1.3}$$

Constraint 2: All nodes that have input must also have an output.

$$\sum_{j=0}^N X_{ijvr} = \sum_{j=0}^N X_{jivr} = Y_{ivr} \quad \forall i \in N, v \in V, r \in R \tag{1.4}$$

Constraint 3: The quantity delivered to customers should be as much as their demands.

$$\sum_{j=0}^N q_{jivr} - \sum_{j=0}^N q_{ijvr} = Q_i \cdot Y_{ivr} \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, v \in V, r \in R \tag{1.5}$$

Constraint 4: The load carried by the vehicle at any time should not exceed its capacity.

$$q_{ijvr} \leq K_v \cdot X_{ijvr} \quad \forall (i, j) \in A, v \in V, r \in R \tag{1.6}$$

Constraint 5: (Total time a vehicle spends on the road) + (total delivery time of the vehicle) + (total loading time spent by the vehicle in the warehouse) ≤ It must be equal to or less than the total operating hours of the vehicle during the day.

$$\sum_{r=0}^{N-1} \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N T_{ij} \cdot X_{ijvr} / M + \sum_{r=0}^{N-1} \sum_{i=1}^N Y_{ivr} \cdot b + \sum_{r=0}^{N-1} \sum_{j=1}^N X_{0jvr} \cdot a \leq Z \quad \forall v \in V \tag{1.7}$$

Constraint 6: The arc variable can take the value 0 or 1.

$$x_{ijvr} \in \{0, 1\} \quad \forall (i, j) \in A, v \in V, r \in R \tag{1.8}$$

Constraint 7: The customer variable can take the value 0 or 1.

$$y_{ivr} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, v \in V, r \in R \tag{1.9}$$

Constraint 8: The load or order quantity must be greater than 0.

$$q_{ijvr} \geq 0 \quad \forall (i, j) \in A, v \in V, r \in R \tag{1.10}$$

### 3.3. Methods

VRP are problems within the NP-Hard class, which means that it is very difficult to reach the exact solution value in polynomial time, that is, in an acceptable time. Therefore, it is appropriate to use heuristic and metaheuristic methods to solve such problems. Genetic Algorithm and Tabu Search methods were used in the CHFGVRP solution discussed in the application. In this section, the definition of the methods and solution steps will be presented.

#### 3.3.1. Genetic Algorithm

The genetic algorithm (GA) is an optimization solution approach modeled on natural evolution processes. This algorithm is produced by imitating the behavior of living things that adapt to natural processes at the highest level and can transmit their hereditary characteristics to future generations. As a quantitative optimization approach, it can provide very successful solutions in solving multi-objective and highly constrained problems, such as traveling salesman and scheduling, where classical optimization techniques cannot be used (Zbigniew, 1996:15). The basic features of GA, which was first developed by John Holland in 1975, can be listed as follows:

- It is applicable for discrete and continuous optimization problems.
- It can operate without getting stuck in local minimum points.
- It provides convenience in terms of parameter definition for complex and nested data structures.
- They speed up running algorithms due to their parallel working features.
- In GA, the genetic structure of the individual is called the genotype, with the external appearance consisting of the individual's genetic structure being called the phenotype. The gene sequence that is of a certain length and contains the characteristics of the individual is called a chromosome and represents the solution to the problem. Allele is the smallest unit within a chromosome and is generally represented by 0.1 (Eiben & Smith, 2003: 25).

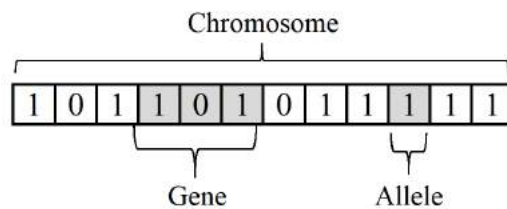


Figure 3. Order Set-2 Customer Locations

The community consisting of chromosomes that represents the alternative solution set in the problem is called the population. The fitness function represents the objective function that evaluates each chromosome in the population according to its situation. Genetic operators are operations that serve to expand the solution search area of the algorithm by producing better populations than the existing generation. Operators used for this purpose include: selection, crossover, and mutation. The basic procedures for using GA for optimization purposes are as follows (Michalewicz, 1996:17):

- Step 1. Representing the problem with genetic coding,
- Step 2. Producing the initial solution to express the potential solution values,
- Step 3. Determining the suitability of the solution values with the fitness function,
- Step 4. Producing new individuals with genetic operators,
- Step 5. Determining the stopping criterion and testing the criterion. If the result is appropriate, stop the algorithm; if not, renew the process.

The GA solution stages are expressed in Figure 4 below.

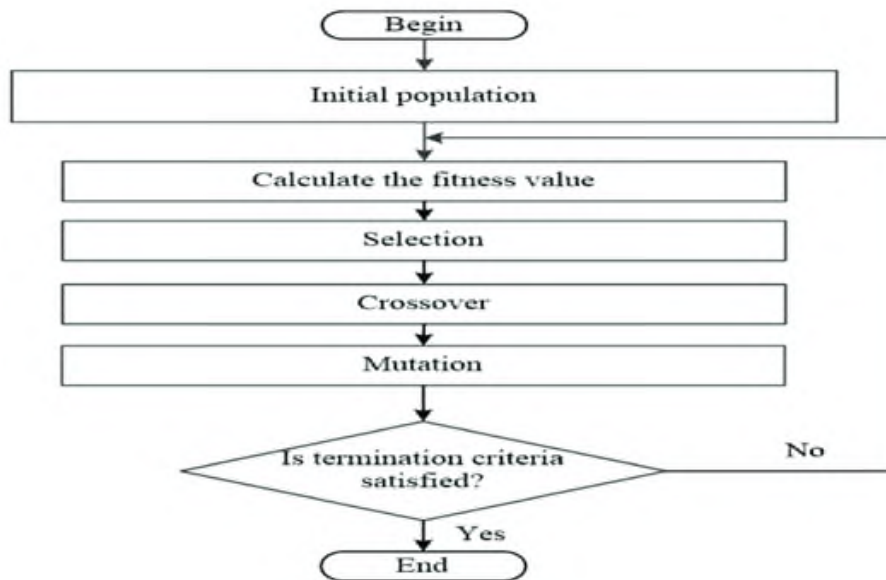


Figure 4. Genetic Algorithm Solution Stages

Step 1: The GA method starts the optimization with the coding process for the representation of the problem. The genetic coding of the problem represents the structural characteristics of the possible solution individuals (Eiben & Smith, 2003: 49). In the literature, the following coding types can be found: binary, tree, permutation, and gray coding. Permutation coding is among the most suitable for the structure of combinatorial problems, as it is in VRP. In practice, permutation coding was used for this purpose.

For example, for a seven-city VRP, it will be understood that the vehicle will visit cities 2, 6, 4, 1, 5, 3, 7, and 9 in order.

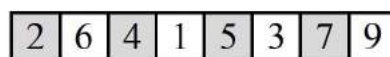


Figure 5. Chromosome:

Step 2: The initial population of random solutions is the produced. These population individuals, representing different regions within the solution space of the problem, can search from many different points at the same time. While there is no definitive technique for determining population size, choosing the problem in accordance with its type and size will increase the effectiveness of the solution (Drake & Marks, 2002:7). One of the generally accepted methods in the literature is to determine the population size as a value between  $[n, 2n]$  to express the length of the  $n$  chromosomes. According to this information, the population size was chosen to be 250.

Step 3: The fitness value is a parameter that determines the solution quality of the problem and is calculated according to the fitness function. The fitness function will calculate a value for each chromosome in the current population. In order to reduce the total distance, which is the main purpose of VRP, it is necessary to minimize the distance by changing the order depending on the genes of each chromosome within the population.

Step 4: While some of the individuals in the population will be passed on to future generations, some will disappear. This situation, referred to as natural selection, is a feature of the selection operator (Sakawa, 2002: 19). The most frequently used methods for this selection include: roulette wheel, random selection, ranked selection, tournament selection, and elitism methods.

In cases where the population volume is high, sequential, random, and roulette wheel methods provide ineffective results due to the long processes. In this case, the tournament selection method may be appropriate. Among a certain number of individuals, those with the highest fitness value are selected and passed on to future generations as parents (Eiben & Smith, 2003:84). The present study employed the double tournament method for the selection process. In addition, if every individual in the population is produced by crossing, elitism is achieved by directly adding the two best individuals in the population to the new population in order to eliminate the possibility of good individuals not being selected and leaving the solution.

Various procedures must be performed to transfer the selected parents to the next population. The genetic operators used for this purpose are: crossover and mutation. The process of obtaining new individuals with superior fitness values after combining the qualities of two parents is called crossover (Gen & Cheng, 1997:2). The crossover operator, which must be selected according to the type of coding used to define the problem, can be made via different methods, such as: single and double point, sequential, partial, regular, circular, and position-based. One of the methods frequently used in VRP problems in the literature is the single-point crossover method. It is used to cross two chromosomes with the same gene length. Selected parents are cut from a single point and exchanged in order to produce new generations. The crossover probability is chosen between 0.3 and 0.9.

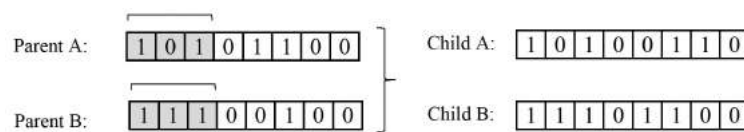


Figure 6.

The mutation operator is used to reach global best solutions without being caught by local best solutions. This process is used to include regions in the search space that cannot be reached with the crossover operator. The mutation operator, which varies depending on the chromosome coding, can be applied with different methods, including: uniform, bit substitution, two-point substitution, and inversion. When any gene for which the mutation operator is selected for VRP is transformed by the mutation process, it is necessary to make a correction to prevent the gene expressed with the same sign and number from becoming a duplicate. In such problems, the operator operation is provided by gene replacement in the general literature. This type of mutation operator is called two-point substitution mutation and was used in this study.

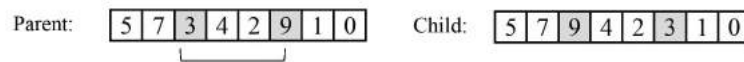


Figure 7.

Step 5: The last step to complete the GA optimization process is to determine the stopping criterion and finish the algorithm. The literature includes many criteria for this, including: a certain number of process iterations, approaching the target solution, a certain time period, and minimum improvement. The most frequently used criterion is that when a certain number of iterations are reached, the change occurs, and the target solution value is approached. For this study, it was accepted that the optimal solution should be obtained when the algorithm cycle ends for the number of generations determined as the stopping criterion in solving the problem.

### 3.3.2. Taboo Search

The taboo search (TS) approach was first developed by Glover and Hansen to be used in solving combinatorial optimization problems (Lopez et al., 1998:317). In this approach, the word “taboo” relates to the restriction and prohibition of some inappropriate regions in the solution space of the problem. In this method, the two basic solution strategies are the neighborhood search structure and paying attention to the search projections in order to ensure diversity in each solution search without getting caught up in local optimum points. In this approach, the transition to the next solution is achieved from the most appropriate solutions within the existing neighborhood structure by performing high iterations. The best solution, if available, is selected among the best values obtained in the past. The list produced in this way from a certain number of past solutions is defined as the taboo search list (Al-Anzi & Allahverdi, 2007:84). This list is the basis of the solution and must be updated regularly so that the algorithm can work without repetition. If the best solution is obtained among the existing solution values, it is accepted, even if it is in the taboo list, and the search should continue using this renewed value. The list consisting of all subsets of the movements in the solution space and the resulting neighborhood relations is called the candidate list. The length of time that solutions included in the taboo list remain banned is called the ban period. The tolerance value will answer the questions of how much improvement is required at solution points or to what extent deterioration will be allowed.

The TS approach has many suitable basic components within metaheuristic algorithms for solving VRP. There are four basic components: neighborhood search, frequency-based memory, recent memory, and mixed memory structure. The neighborhood search movement, which defines the transition from one solution point to another, is the most basic solution strategy of the TS algorithm. There are various strategies used to increase the solution efficiency of the TS algorithm. The most frequently used activity strategies in the literature have been identified as: aspiration, diversification, intensification, oscillation, and restart.

In the TS algorithm, the solution starts with  $x_1$  and moves to  $t$  with each iteration. The movement from  $X_t$  to the best neighbor  $x_{(t+1)}$  is continued until the stopping criterion is met. The function continues without paying attention to whether  $f(x_{t+1})$  is less than  $f(x_t)$ , where the function  $f(x)$  is the cost of  $x$ . In order to produce a solution loop in the algorithm, previously examined operations are prohibited. Instead of solution values, only prohibited solutions are recorded in memory to reduce memory and time requirements. Here, short or long-term memory will be preferred depending on the timing of the movements made in the solution space. For this reason, the algorithm must have a memory structure. This memory is examined according to four basic principles: whether the solution has been examined recently, the frequency of review of the solution, the effectiveness of the solution, and the quality of the solution. The TS approach is a solution algorithm that can implement different types of problems by expressing them qualitatively and symbolically without the need for mathematical formulations (Glomer & Laguna, 1997:1).

The basic procedures for using TS for optimization are as follows:

Step 1. Determining the initial solution and recording the solution in the appropriate memory as the best available solution.

Step 2. Determining a replacement function according to the neighborhood relationship status of the current solution and performing a neighborhood search.

- Among the non-forbidden solutions, the solution that will optimize the objective function is selected as the new best solution,
- Short, medium, and long term memory is updated when switching to a new solution,
- If the newly obtained solution is the best solution found, it is recorded as the current best solution.

Step 3. Step 2 is repeated until the specified stopping criterion of the algorithm is met. When the stopping criterion is met, the problem is solved.

The basic solution stages of the TS approach for optimization are expressed in Figure 5 below.

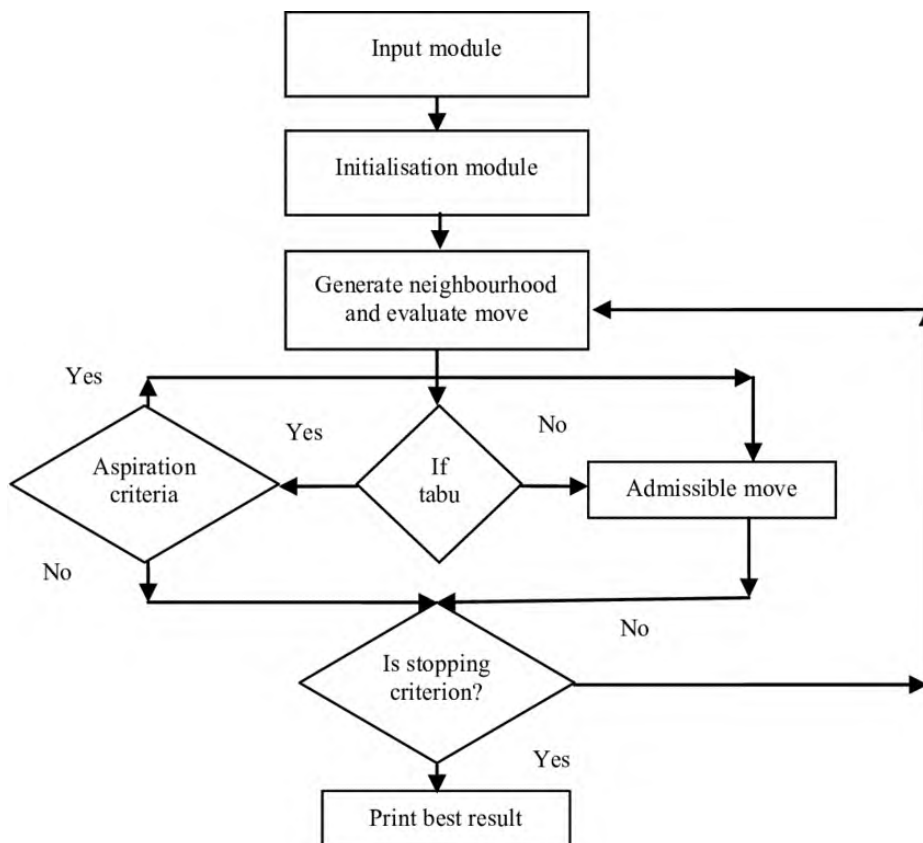


Figure 8. Taboo Search Algorithm Solution Stages



Step 1: The initial solution for the problem is obtained randomly. However, an initial solution can also be obtained by using a heuristic algorithm developed to suit the problem. In this study, it was ensured that the first society consisted of more successful individuals without breaking away from the random denominator through local search support. For this purpose, while placing business chromosomes with permutation coding, local search support is provided by random selection among the individuals closest to it.

Step 2: The TS algorithm has a memory structure in which the solutions produced during the run time or cycle are dynamically stored. While the information in this prohibited list is stored in order to produce a new solution, a new solution that does not stick to a local point in the solution space is allowed, even if it is worse than the current one. This is called the aspiration strategy. According to this criterion which was employed in this study, the banned list was fashioned in this way so that the algorithm can produce new solutions without entering a vicious circle.

The algorithm fitness value is calculated by the scores of the fitness function received from individuals in the current community. Individuals who make the highest contribution to the best solution are taken into account for the fitness value. The suitability value taken into consideration in this study is the time spent in the warehouse for loading, traveling, and unloading according to the company's lists of individuals. This process is carried out sequentially for each vehicle; when the load capacity is exceeded, the selection stops and the next vehicle is moved.

Step 3: The process continues until the stopping criteria for the TS algorithm are met. These criteria vary depending on the problem type, purpose, and volume. Accordingly, the criteria obtained from the basic information in the literature are:

- Reaching a specified number of iterations,
- Non-existence of neighbors of a selected neighboring solution point,
- Achieving a targeted solution value,
- The algorithm gets stuck at some point and cannot produce a better solution.

Approaching the targeted solution value and reaching a specified number of iterations were chosen as stopping criteria for the algorithm in this study. This selection was made based on the basic structure of VRP problems and information obtained from the literature.

#### 4. Results

Within the scope of the application, the distribution operation was optimized for the data set which contains two business days' order information from the Adana central warehouse of Ekol Logistics Inc. The company does not use any mathematical algorithms in its current distribution processes. Transactions are organized in an order determined by intuitive experiences, with the results obtained in practice being compared with this current situation.

For the analysis of the mathematical model produced for CHFGVRP optimization, the GA and TS solution algorithms were run with the help of the C# programming language. The obtained results were evaluated comparatively. For both approaches, the analysis results obtained were examined according to the number of generations determined as the algorithm stopping criterion and their closeness to the targeted solution value. The effectiveness of the algorithm was increased by dividing the businesses in the problem definition into distribution clusters according to their proximity of 100 and 250 meters to each other.

The GA solution results improved as the number of generations increased. This shows that the algorithm works dynamically and effectively according to the solution strategy. In addition, the solution time of the algorithm did not increase very much in parallel with the increase in the number of generations, between 00:05 and 01:52 for both order sets. These two criteria proved that the algorithm was produced with parameters suitable to solve the problem.

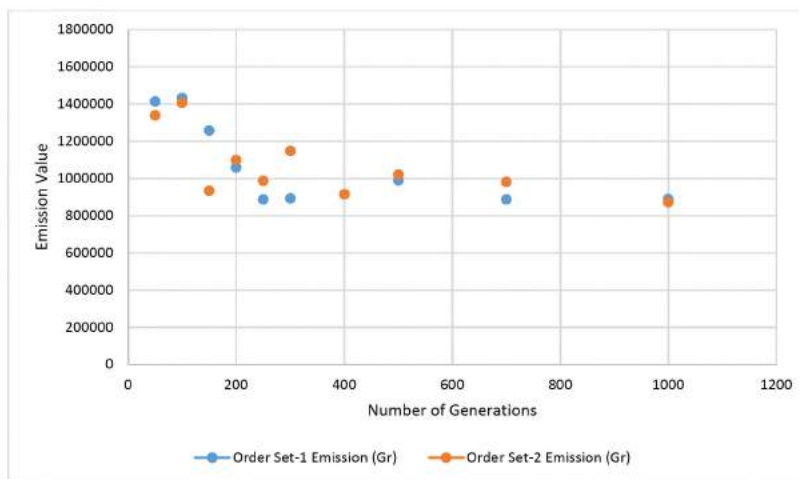
Table 3 below expresses the results obtained from order sets with the GA approach. According to the literature, values ranging from 30 to 200 are taken for the number of generations. Due to the large number of order quantities and order points used in this study, the problem structure with high combinations showed that between 50 and 1000 generations were required. The crossover and mutation rates were taken as 0.9 and 0.03, which are generally accepted in the literature. Likewise, the number of crossover type double tournaments and individuals was taken as 250. We observed the solution time of the algorithm to be between 00:05 and 01:50 for order set-1 and between 00:06 and 01:52 for order set-2, which means that results are given in an acceptable time.

Figure 9 shows the change in emission amounts according to the number of generations for the two order sets.

Although there is no significant difference in the number of order points between the order sets, the difference in order quantities is significant. This situation will affect the total load amount, that is, vehicle capacity usage, and may increase the overall emissions. However, for both orders, the decreasing trend in emissions that occurred with the generation increase was found to be at similar levels and in very close amounts. This indicates that the algorithm uses vehicle capacities effectively, with distribution to order points being carried out with effective routing. In addition, as the number of generations increased, the effectiveness of reducing the emissions began to decrease. In this way, the limitations of the solution efficiency of the algorithm are revealed.

**Table 3. Genetic Algorithm Solution Results**

Number of Generations	Order Set - 1						Order Set - 2				
	Clustering Distance	Number of Locations	Solution Time	Distance (Km)	Fuel (Lt)	Emission (Gr)	Number of Locations	Solution Time	Distance (Km)	Fuel (Lt)	Emission (Gr)
50	100	100	00:05	3279	529,54	1414428	110	00:06	3105	501,08	1338411
	250	87	00:05	3063	480,03	1282186	95	00:06	2935	591,24	1579202
100	100	100	00:11	3058	536,24	1432323	110	00:13	3030	526,62	1406602
	250	87	00:11	2806	475,68	1270567	95	00:13	2621	449,56	1200801
150	100	100	00:13	2634	471,09	1258308	110	00:15	2492	349,81	934369
	250	87	00:13	2398	380,52	1016395	95	00:15	2682	449,89	1201682
200	100	100	00:15	2619	59,628	1059267	110	00:17	2320	411,52	1099196
	250	87	00:15	2266	354,31	946388	95	00:17	2233	396,45	1058944
250	100	100	00:18	1992	332,30	887600	110	00:21	2186	369,64	987325
	250	87	00:18	2324	408,92	1092252	95	00:21	2099	339,12	905816
300	100	100	00:22	2060	334,28	892888	110	00:24	2282	429,62	1147515
	250	87	00:23	2181	359,39	959957	95	00:26	2177	379,77	1014392
400	100	100	00:28	1788	342,62	915164	110	00:29	2072	343,05	916313
	250	87	00:29	1980	324,03	865510	95	00:30	1937	327,75	875430
500	100	100	00:41	2194	370,63	989978	110	00:44	2169	382,52	1021737
	250	87	00:43	1927	335,12	895132	95	00:46	2075	384	1025664
700	100	100	01:10	1789	332,31	887624	110	01:17	2156	367,73	982233
	250	87	01:13	1827	323,26	863454	95	01:19	2030	359,58	960461
1000	100	100	01:45	1937	333,18	889926	110	01:56	1906	326,90	873167
	250	87	01:50	1741	302,68	808484	95	01:52	1904	325,70	869971



**Figure 9.** Changes to the Genetic Algorithm Emission Values

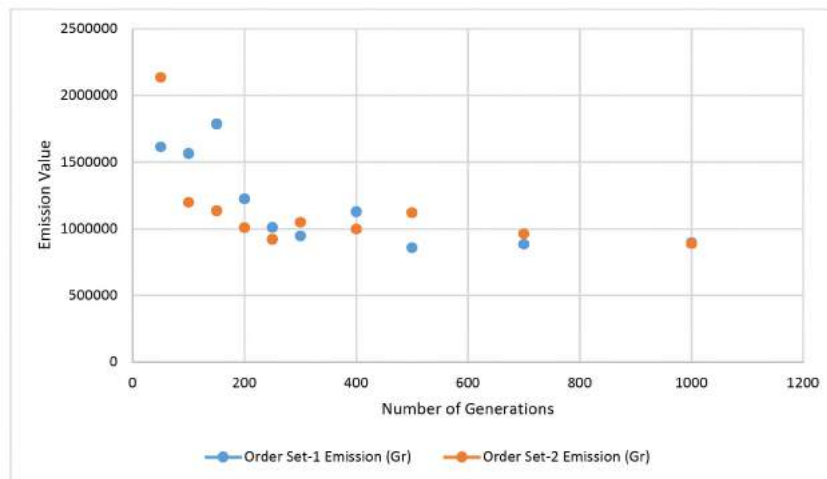
The TS solution results for both order sets are expressed in Table 4 below. As with the GA approach, the number of generations was chosen to be between 50 and 1000, in accordance with the problem structure. Solution values were obtained for clustering distances of between 100 and 250 meters for both order cluster customer locations where distribution operations will be carried out. The number of individuals was taken as 250.

In the TS algorithm, the performance of solution times increased with a low acceleration compared to the increase in the number of generations. This result indicates that the produced algorithm has a correct memory structure, local search support supports the solution capacity of the algorithm, and the algorithm works harmoniously with the mathematical model made for the problem. Therefore, as the clustering distance and number of generations increased, the algorithm’s resolution speed increased slightly, ranging from 00:04 to 01:46 for both order sets. Despite this, there was a high level of improvement in the solution results. Figure 10 below illustrates the change in emissions according to the number of generations for the two order sets.

For both order sets, the emissions decreases which correspond to the increase in the number of generations are similar. This is proof that the algorithm works effectively for different numbers of order points and order quantities. Similar to the GA results, increasing the number of generations increased the solution efficiency. However, the decrease in the emissions decreased when the number of generations increased. This situation revealed the solution limitations of the algorithm.

**Table 4. Tabu Search Solution Results**

Number of Generations	Order Set - 1			Order Set - 2							
	Clustering Distance	Number of Locations	Solution Time	Distance (Km)	Fuel (Lt)	Emission (Gr)	Number of Locations	Solution Time	Distance (Km)	Fuel (Lt)	Emission (Gr)
50	100	100	00:04	3598	604,91	1615741	110	00:05	4866	800,34	2137722
	250	87	00:04	3517	627,28	1675491	95	00:05	3368	513,88	1372600
100	100	100	00:09	3463	585,60	1564164	110	00:12	3008	448,59	1198210
	250	87	00:10	3216	552,06	1474578	95	00:12	3028	446,72	1193215
150	100	100	00:12	3535	668,68	1786070	110	00:14	2869	424,83	1134747
	250	87	00:13	2681	444,12	1186271	95	00:14	2499	463,67	1238489
200	100	100	00:14	2558	458,24	1223985	110	00:16	2346	377,77	1009050
	250	87	00:15	2273	404,79	1081220	95	00:17	2240	484,48	1294046
250	100	100	00:17	2233	378,62	1011294	110	00:20	2135	344,74	920827
	250	87	00:18	2146	363,82	971789	95	00:21	2260	492,41	1315253
300	100	100	00:20	2258	354,97	948151	110	00:23	2124	392,62	1048714
	250	87	00:21	2117	364,74	974245	95	00:25	2109	457,12	1220994
400	100	100	00:25	2211	422,59	1128764	110	00:27	2037	373,58	997858
	250	87	00:26	2050	387,17	1034157	95	00:29	1878	339,53	906911
500	100	100	00:38	1912	321,06	857577	110	00:41	2007	419,79	1121259
	250	87	00:39	1884	314,36	839682	95	00:42	1827	327,35	874378
700	100	100	01:01	1904	330,83	883673	110	01:10	1975	360,59	963162
	250	87	01:03	1821	331,96	886689	95	01:12	1999	365,60	976544
1000	100	100	01:32	1793	334,99	894784	110	01:44	1951	332,62	888428
	250	87	01:31	1749	311,33	831589	95	01:46	1906	326,12	871093



**Figure 10.** Changes in Emission Values for the Taboo Search Algorithm

The algorithms of both methods used in problem solving and the proposed mathematical model provided strong results with high compatibility in acceptable times. According to the results obtained, it was determined that the GA and TS approaches result in very similar solutions for both order sets. This shows the effectiveness of the algorithms and method selection that work in high harmony with the mathematical model of the problem. In addition, the algorithm parameters and solution strategies determined for both methods resulted in high performance. Table 5 below expresses the comparison of the performance averages of the GA and TS algorithms obtained for both order sets and the distribution operation data intuitively applied by the business.

According to the solution results, the current solution improvement for order set-1 was over 20% on average in both methods. Although there is no significant difference between the healing power of the methods, the GA approach gave better results. For order set-2, the improvement was over 10% on average. Again, there is no significant difference between the methods, but GA is still more effective. The main reason for this difference between the two order sets is that the customer points within the order set are located at very far and dispersed distances for order set-2. This situation affected the algorithm performance, resulting in lower levels of improvement.

**Table 5.** Comparison of GA, TS, and Business Existing Solution Results

Order Set - 1						
Solution Approach	Distance (Km)	%	Fuel (Lt)	%	Emission (Gr)	%
Existing Solution	2241	*	413,97	*	1105713	*
GA	1741	22,3	302,68	26,8	808484	26,8
TS	1749	21,9	311,33	24,7	831589	24,7
Order Set - 2						
Solution Approach	Distance (Km)	%	Fuel (Lt)	%	Emission (Gr)	%
Existing Solution	2197	*	389,13	*	1039366	*
GA	1904	13,3	325,7	16,3	869971	16,2
TS	1906	13,2	326,12	16,1	871093	16,1

## 5. Conclusion

Planning distribution operations, which are among the logistics management activities, at low costs and with minimal damage to the natural ecological balance is extremely important for the sustainability of social and economic life. This study discusses the green vehicle routing problem with capacity-constrained and heterogeneous fleets, which is a type of green vehicle routing approach that has started to appear frequently in the literature in recent years. The problem was modeled for the optimization of the distribution of a large-scale logistics company operating in Turkey.

In the model developed to solve the problem, a multi-purpose linear model was produced with the objective functions of reducing the amount of fuel and emissions. The study aimed to increase the solution efficiency with the help of two different objective functions. Two different metaheuristic solution approaches were used to solve the problem in the NP-Hard class. The aim here was to compare the solution power of an alternative solution method and the mathematical model used in practice. Both solution methods had close solution efficiency for two different order sets. This indicates that the algorithms are effectively determined with parameters appropriate to the problem structure.

There are many different studies in the literature regarding the green constrained vehicle routing problem. Studies have frequently measured the analysis effectiveness of mathematical models proposed under certain purposes and constraints. For this purpose, some experimental analyses were preferred instead of real business data. This study will contribute to the literature as a result of the real business data used and the analysis applied comparatively with two different metaheuristic approaches. In future studies, more dynamic models and solution algorithms can be produced by adding such constraints as traffic density, load weight, and road slope to real-life problems.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Conception/Design of study: F.D., S.E.D.; Data Acquisition: F.D., S.E.D.; Data Analysis/Interpretation: F.D., S.E.D.; Drafting Manuscript: F.D., S.E.D.; Critical Revision of Manuscript: F.D., S.E.D.; Final Approval and Accountability: F.D., S.E.D.

**Conflict of Interest:** The authors have no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The authors declared that this study has received no financial support.

## ORCID:

Furkan Dişkaya 0000-0001-9581-6771  
Sait Erdal Dincer 0000-0002-8310-1418

## REFERENCES

Abdullahi H., Reyes-Rubiano L., Ouelhadj D., Faulin J. & Juan A. A. (2021). *Modelling and multi-criteria analysis of the sustainability dimensions for the green vehicle routing problem*, European Journal of Operational Research, 292(1), 143-154.

- Akcakoca, A. E., Kızılkaya Aydoğan, E., Delice, Y., Himmetoğlu, S. (2023). *Heterojen Filolu ve Kapasite Kısıtlı Yeşil Araç Rotalama Problemi için Bir Matematiksel Model ve Endüstriyel Bir Uygulama*. Politeknik Dergisi1-1. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1200084>
- Bektaş, T. & Laporte, G. (2011). *The pollution-routing problem*, Transportation Research Part B: Methodological, 45 (8), 1232-1250, 2011.
- Boz, E., Çalık, A., & Şahin, Y. (2024). *Yeşil zaman pencere ve eş zamanlı toplu dağıtım araç rotalama problemlerinin metasezgisel yöntemlerle çözümü*. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 39(2), 757-770. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.1180965>
- Bruglieri M., Ferone D., Festa P. & Pisacane O. (2022). *A grasp with penalty objective function for the green vehicle routing problem with private capacitated stations*, Computers and Operations Research, 143, 105770.
- Christofides, N. & Eilon, S. (1969). *An Algorithm for The Vehicle Dispatching Problem*. Operational Research Quarterly, 20 (3).
- Christopher, M. (2011). *Logistics, the supply chain and competitive strategy*. In Logistics and Supply Chain Management (4th ed.). Prentice Hall. London, Pearson Education, pp. 11.
- Clarke, G. & Wright, J.W. (1964). *Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points*, Operations research, 12 (4), 568-581.
- Çevik, O. & Gülcan, B. (2011). *Lojistik Faaliyetlerin Çevresel Sürdürülebilirliği ve Marco Polo Programı*, KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi 13 (20).
- Dantzig, G.B & Ramser, J.H (1959). *The truck dispatching problem*, Management science, 6 (1), 80-91.
- Demir, E., Bektaş, T., & Laporte, G. (2012). *An adaptive large neighborhood search heuristic for the pollution-routing problem*. European Journal of Operational Research, 223(2), 346-359.
- Desrochers, M., Desrosiers, J., & Solomon, M. (1992). *A New Optimization Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time Windows*. Operations Research, 40(2), 342–354. <http://www.jstor.org/stable/171457>
- Desrochers, M., Lenstra, J.K. & Savelsbergh. (1990). *A classification scheme for vehicle routing and scheduling problems*. European Journal of Operational Research. 46 (3), 322-332.
- Drake, A. E. & Marks, R.E. (2002). *Genetic Algorithms in Economics and Finance: Forecasting Stock Market Prices and Foreign Exchange-A Review*, Genetic Algorithms and Genetic Programming in Computational Finance, Springer, US.
- Eiben, E.A. & Smith, E.J. (2003). *Introduction to Evolutionary Computing*, Springer, Berlin, Heidelberg, ISSN: 1619-7127, 2003, pp. 25-45.
- Erdoğan, S. & Miller-Hooks, E. (2012). *A green vehicle routing problem*, Transportation research part E: logistics and transportation review, 48 (1), 100-114.
- Fakhrzad, M., Hoseini Shorshani, S., Hosseini Nasab & H., Mostafaiepour, A. (2022). *Developing a green vehicle routing problem model with time windows and simultaneous pickup and delivery under demand uncertainty: Minimizing fuel consumption*, Int. J. Nonlinear Anal. Appl., doi: 10.22075/ijnaa.2021.23209.2493.
- Ferreira K. M., de Queiroz T. A. & Toledo F. M. B. (2021). *An exact approach for the green vehicle routing problem with two-dimensional loading constraints and split delivery*, Computers and Operations Research, 136, 105452.
- Figliozzi, M. (2010). *Vehicle routing problem for emissions minimization*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2197), 1-7.
- Fisher, M. (1995). *Vehicle Routing*. M.O. Ball et al., Eds., Handbooks in OR & MS, Vol. 8, 1995 Elsevier Science B.V. All rights reserved
- Glover, F. & Laguna, M. (1997). *Tabu Search*, Kluwer Academic Publishers Norwell, MA, USA.
- Hiermann, G., Puchinger, J., Ropke, S., & Hartl, R. F. (2016). *The electric fleet size and mix vehicle routing problem with time windows and recharging stations*. European Journal of Operational Research, 252(3), 995-1018.
- International Energy Agency, World Energy Outlook (2023). <https://iea.blob.core.windows.net/assets/42b23c45-78bc-4482-b0f9eb826ae2da3d/WorldEnergyOutlook2023.pdf>.
- Koç, Ç., Bektaş, T., Jabali, O., & Laporte, G. (2016). *The impact of depot location, fleet composition and routing on emissions in city logistics*. Transportation Research Part B: Methodological, 84, 81-102.
- Kramer, R., Maculan, N., Subramanian, A., & Vidal, T. (2015). *A speed and departure time optimization algorithm for the pollution-routing problem*. European Journal of Operational Research, 247(3), 782-787.
- Laporte, G. (1992) *The Vehicle Routing Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms*. European Journal of Operational Research, 59, 345-358. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90192-C](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(92)90192-C)
- Laporte, G., Nobert, Y. & Taillefer, S. (1987). *A branch-and-bound algorithm for the asymmetrical distance-constrained vehicle routing problem*. Mathematical Modelling. 9 (12), 857-868.
- Lei L., Liu S., Ruzsaczynski A. & Park S. (2006). *On the integrated production, inventory, and distribution routing problem*, IIE Transactions, 38:11, 955-970, DOI: 10.1080/07408170600862688
- Li, Y., Soleimani, H. & Zohal, M. (2019). *An improved ant colony optimization algorithm for the multi-depot green vehicle routing problem with multiple objectives*. Journal of cleaner production, 227, 1161-1172.
- Lin, C., Choy, K. L., Ho, G. T., & Ng, T. W. (2014). *A genetic algorithm-based optimization model for supporting green transportation operations*. Expert Systems with Applications, 41(7), 3284-3296.
- Liu, W. Y., Lin, C. C., Chiu, C. R., Tsao, Y. S., & Wang, Q. (2014). *Minimizing the Carbon Footprint for the Time-Dependent Heterogeneous-Fleet Vehicle Routing Problem with Alternative Paths*. Sustainability, 6(7), 4658-4684.
- Lopez, L., W. Carter, M. & Gendreau, M. (1998). *The hot strip mill production scheduling problem: A tabu search approach*, European Journal of Operational Research, 106(2).
- Majidi, S., Hosseini-Motlagh, S. M., Yaghoubi, S. & Jokar, A. (2017). *Fuzzy green vehicle routing problem with simultaneous pickup-delivery and time Windows*, RAIRO-operations research, 51 (4), 1151-1176.

- Maranzana, F. (1964). *On the Location of Supply Points to Minimize Transport Costs*. *Operations Research Quarterly*, 15, 261–70.
- Meng, X., Lin, Z., & Tang, J. (2023). *Heterogeneous Green Vehicle Routing Problem with different Customers Service Requirements*, The 2023 2nd International Conference on Machine Learning, Control, and Robotics (MLCR 2023), [www.mlcr-conf.org](http://www.mlcr-conf.org).
- Nagy, G. & Salhi, S. (2007). *Location Routing: Issues, Models and Methods*. *European Journal of Operational Research*, 177, 649-672.
- Nilsson, C.(2003). *Heuristics for the Traveling Salesman Problem*, Technical Report, Linköping University, Sweden,
- Parberry, I. (1996). *Scalability of a neural network for the knight's tour problem*, *Neuro computing*, 12 (1), 19-20.
- Ren X., Huang H., Feng S. & Liang, G. (2020). *An improved variable neighborhood search for bi-objective mixed-energy fleet vehicle routing problem*, *Journal of Cleaner Production*, 275, 124155.
- S. Al-Anzi, F. & Allahverdi, A. (2007). *A self-adaptive differential evolution heuristic for two-stage assembly scheduling problem to minimize maximum lateness with setup times*, *European Journal of Operational Research*, V: 182, Issue: 1.
- Sakawa, M. (2002). *Genetic Algorithms and Fuzzy Multiobjective Optimization*, 14. Ed., Springer Science & Business Media.
- Schneider, M., Stenger, A. & Goeke, D. (2014). *The electric vehicle-routing problem with time windows and recharging stations*, *Transportation science*, 48 (4), 500-520.
- Srivastara, S. (2007). *Green Supply-Chain Management: A State-Of-The-Art Literature Review*, *International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management*, 1(7), 53-80.
- Su, Yukang and Zhang, Shuo & Zhang, Chengning. (2023). *A Lightweight Genetic Algorithm with Variable Neighborhood Search for Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows*. Available at SSRN, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4685925>.
- Suzuki, Y. (2011). *A new truck-routing approach for reducing fuel consumption and pollutants emission*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(1), 73-77.
- Toth, P. & Vigo D. (2002). *Models, relaxations and exact approaches for the capacitated vehicle routing problem*, *Discrete Applied Mathematics*, Volume 123, Issues 1–3, pp. 487-512, [doi.org/10.1016/S0166-218X\(01\)00351-1](https://doi.org/10.1016/S0166-218X(01)00351-1).
- Toth, P. & Vigo, D. (1998). *Exact Solution of the Vehicle Routing Problem*. *Fleet Management and Logistic*, Editor: T.G. Crainic, G. Laporte, Kluwer Academic, Boston, 1-31.
- Utama, D. M., Fitria, T.A. & Garside, A.K. (2021). *Artificial bee colony algorithm for solving green vehicle routing problems with time windows*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1933 (1), 012043.
- Velázquez-Martínez, J. C., Fransoo, J. C., Blanco, E. E., & Valenzuela-Ocaña, K. B. (2016). *A new statistical method of assigning vehicles to delivery areas for CO2 emissions reduction*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 43, 133-144.
- Waters, D. (2003). *Logistics: An Introduction to Supply Chain Management*, Palgrave Macmillan, Basingstoke, England.
- Webb, M.H.J. (1968). *Cost Functions in The Location of Depots for Multiple Delivery Journeys*. *Operational Research Quarterly*, 19, 311–320.
- Xu, Z., Elomri, A., Pokharel, S. & Mutlu, F. (2019). *A model for capacitated green vehicle routing problem with the time-varying vehicle speed and soft time Windows*, *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106011.
- Yu, Y., Wang, S., Wang, J. & Huang, M. (2019). *A branch-and-price algorithm for the heterogeneous fleet green vehicle routing problem with time Windows*. *Transportation Research Part B: Methodological*, 122, 511-527.
- Zbigniew, M.(1996). *Genetic Algorithms Data Structures Evolution Programs*, Berlin, Springer, Third Edition.

### How cite this article

Dişkaya, F., & Dinçer, S.E. (2024). A sectoral application for green vehicle routing problem optimization with capacity constrained and heterogeneous fleet. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 183–198. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1451034>

## Türkiye Ekonomisinde Dolarizasyon ve Reel Kur İlişkisi

### Dollarization and the Real Exchange Rate Nexus in Türkiye's Economy

Ahmet Metin Çamdibi<sup>1</sup> , Server Demirci<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>(Doktora Öğrencisi), Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, Bankacılık Doktora Programı, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>(Prof. Dr.), Marmara Üniversitesi Finansal Bilimler Fakültesi, İstanbul, Türkiye

#### ÖZ

Para, bir değişim aracı olarak, bir hesap birimi olarak ve bir değer saklama aracı olarak temelde üç ana fonksiyon ifa etmektedir. Bu fonksiyonlarını yerine getirmek üzere yabancı paranın ulusal para yerine veya ulusal para ile birlikte kullanılması dolarizasyon olarak ifade edilmektedir. Dolarizasyon, ülke ekonomilerini farklı yönlerden etkileme potansiyeline sahiptir. Ayrıca dolarizasyonun varlığı, ekonomilerin kırılganlığını artırması açısından önemli bir konudur. Ekonomik krizlerin etkileri dolarizasyon ile artarken döviz kuru dalgalanmaları finansal krizlere yol açmaktadır. Dolarizasyon ile döviz kuru dalgalanmaları arasındaki ilişkinin araştırılması daima politika yapıcılar ve araştırmacıların dikkatini çeken bir konu olmuştur. Dolarizasyon ve döviz kuru dalgalanmalarının bir arada gerçekleşmesi ekonomileri yerel paranın değer yitirmesine bağlı enflasyonist risklere açık hale getirmektedir. Bu yüzden dolarizasyon üzerine yapılan çalışmalarda enflasyonun belirleyiciliği dikkate alınmalıdır. Enflasyondan arındırılmış reel kur verileri bu noktada doğru bir analiz için kullanışlıdır. Türkiye ekonomisi finansal serbestleşmeye geçtiği 1980'lerden itibaren dolarizasyon ve döviz kuru dalgalanmaları için çok sayıda gözlem barındırmaktadır. Türkiye'de yaşanan 2001 finansal krizinin ardından para otoritesinin düzenlemeleri eşliğinde ekonomide yeni bir istikrar dönemi başlamış ve enflasyonun kontrol altına alınmasında önemli başarılar elde edilmiştir. Ne var ki, günümüze değin Türkiye ekonomisinde dolarizasyon, yabancı kur oynaklıkları ve enflasyon gibi temel konular önemini korumaya devam etmiştir. Türkiye ekonomisinde dolarizasyon reel kur ilişkisinin araştırıldığı 2003 Ocak ile 2023 Aralık dönemini kapsayan bu çalışmada literatüre yeni katılan Fourier terimli birim kök ve eş bütünleşme testleri kullanılmıştır. Bu testlerden elde edilen bulgular kullanılarak yapılan Granger nedensellik test sonuçlarına göre dolarizasyon reel kurun nedeni iken, reel kurun dolarizasyonun nedeni olmadığı sonucuna varılmıştır.

#### ABSTRACT

Money has three main functions, serving as a medium of exchange, a unit of account, and a store of value. Dollarization is defined as having foreign currencies replace and/or accompany local currency in fulfilling these functions. Dollarization has the potential of affecting economies in various ways. The existence of dollarization is also an important issue regarding its effect on increasing economic fragility. Exchange rate fluctuations cause financial crises, while dollarization boosts the effects of economic crises. The relationship between dollarization and exchange rate fluctuations has always attracted the attention of both policy makers and researchers. The combined presence of dollarization and exchange rate fluctuations makes economies prone to inflationary risks due to depreciation of local currency. Therefore, studies should consider the significance of inflation. Inflation-adjusted real exchange rate data are useful for an accurate analysis in this regard. The Turkish economy has numerous observations on dollarization and exchange rate fluctuations since the beginning of its transition to financial liberalization in the 1980s. The aftermath of the 2001 financial crisis in Türkiye marked the start of a new era of stability, as significant successes were gained over controlling inflation, accompanied by legislative regulations through the Banking Regulation and Supervision Agency and the Central Bank of the Republic of Türkiye. However, fundamental issues such as dollarization, exchange rate fluctuations, and inflation still maintain their importance in the Turkish economy these days. This study examines the relationship between dollarization and the real exchange rate over the January 2003–December 2023 period using the literature's newly added Fourier unit root and cointegration tests. The results of these tests have been implemented into the Granger causality test, which shows dollarization to affect the real exchange rate, while the real exchange rate does not cause dollarization.

**Anahtar Kelimeler:** Dolarizasyon, döviz kuru dalgalanmaları, reel kur, enflasyon, Fourier testi

**Keywords:** Dollarization, exchange rate fluctuations, real exchange rate, inflation, Fourier test

**Corresponding Author:** Ahmet Metin Çamdibi E-mail: metincamdibi@yahoo.com

**Submitted:** 12.04.2024 • **Revision Requested:** 20.04.2024 • **Last Revision Received:** 05.05.2024 • **Accepted:** 22.05.2024



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## EXTENDED SUMMARY

Money is a fundamental economic element and a vital tool for the economy and its functionality. Money's functions can be summarized as being a medium of exchange, a unit of account, and a store of value. Among these functions, money serving as a medium of exchange has primary importance. This function is the main pillar of trade, production and other economic components. While its other functions (i.e., unit of account and store of value) are related to preserving wealth, whereas its function as a medium of exchange is a pure money function. Dollarization is simply a matter of money. In dollarization, foreign currencies substitute or replace the functions of local currency. Understanding and measuring dollarization is possible by observing these functions. The more a foreign currency takes over these functions, the more an economy is subject to dollarization.

Dollarization has emerged as a phenomenon for mostly developing countries consisting of South American, Middle Eastern, North African, and Far East Asian countries. In the aftermath of the collapse of the Soviet Union, the transition economies of Eastern Europe also joined these developing countries. Therefore, dollarization records can be collected from numerous countries all over the world. The countries that deal with dollarization have also had to deal with some other macroeconomic issues such as exchange rate fluctuations and their related crises, inflation, unstable economic growth, and unemployment, and Türkiye is one of these countries. Since the beginning of the financial liberalization that took place in the early 1980s, dollarization has become particularly visible in Türkiye. The 2001 financial crisis occurred as a milestone for the Turkish economy after years of economic turbulence, high inflation, and political instability. This crisis helped establish the many essential regulations that would lead the Turkish financial system to successful years later on. However, that the financial system needed to heal was obvious, with some weaknesses still remaining and currently troubling the country's prosperity.

Far from being an isolated issue, dollarization has effects on every aspect of economics. Firstly, this issue creates difficulties for money authorities. The more that foreign currencies replace the functions of a local currency, the more difficult implementing effective money policies becomes. Central banks lose control of money when the money supply shifts to a dollarized structure. Secondly, exchange rates are related to dollarization. A high level of dollarization causes a local currency to depreciate, which in turn furthers dollarization. Individuals and firms nationwide see exchange rates as an indicator of economic resilience. Dollarization and exchange rate fluctuations that oscillate together indicate a confidence issue. Thirdly, dollarization in many cases becomes related to inflation. In open economies, general price levels are directly tied to exchange rate fluctuations due to foreign trade. The link between exchange rate and inflation indicates the importance of dollarization regarding general price levels.

Dollarization in Türkiye has attracted academic studies that have mainly focused on the factors causing dollarization and the consequences of a dollarized economy. These studies have stated the primary factors causing dollarization to be inflation, nominal and real exchange rates, and local currency depreciation. Studies have additionally stated consumer sentiment index, current account deficit, credit default swap (CDS) premium, and deposit interest rates as other causing factors, with the primary consequences being inflation, exchange rate instabilities, and further dollarization. While the consequences seem to be macroeconomic indicators, the main threat is how it weakens money policy tools. The solution to this risk involves money authorities taking rapid and decisive actions.

This study examines the nexus between dollarization and the real exchange rate in Türkiye, as these chosen factors reflect a historical reality. Dollarization in Türkiye has had a long record of accompanying the various economic crises, with volatile exchange rates and dollarization having played significant roles in every crisis. Furthermore, the real exchange rate is another significant element, because it is a combined reflection of inflation and exchange rate fluctuations. The study is based on data between January 2003-December 2023 and conducts the Fourier term unit root and cointegration tests. The findings of these tests are then used in the Granger causality test, with the results showing that the interaction between dollarization and real exchange rate works in one direction: Dollarization causes the real exchange rate, while the real exchange rate does not cause dollarization.

According to the results of the study and the nature of dollarization, policy makers should firmly keep their eyes on the dollarization issue, as it causes long-term macroeconomic weaknesses. Dollarization on its own also causes further dollarization. Money policies become less effective over time through dollarization. Controlling inflation also becomes less likely with ineffective policy tools. In conclusion, money authorities should take the dollarization trend under control quickly and early using every tool possible. With the help of a speedy intervention, dollarization will hopefully be prevented from deepening before it causes any more harm on the economy, and this approach will be for the benefit of each actor in the economy.



## Giriş

Dolarizasyon ülke ekonomilerini farklı yönlerden etkileme potansiyeline sahip önemde olması nedeni ile politika yapımcılar, finansal aktörler ve araştırmacıların ilgisini çeken bir konu olmuştur. Ülke ekonomisinde paranın fonksiyonlarını yerine getirmek için yabancı paranın ulusal para yerine veya ulusal para ile birlikte kullanılması dolarizasyon olarak ifade edilmektedir. Yabancı para biriminin paranın üç klasik rolü olan, hesap birimi olması, ödeme aracı olması ya da değer saklama aracı olması rollerinden herhangi birinde kullanılıyorsa bu kısmi dolarizasyon anlamına gelmekte iken ülkenin kendi parasını kullanmaktan tamamen vazgeçtiği durumu ise tam dolarizasyon olarak adlandırılmaktadır. (Calvo, 2002, 394-395)

Paranın fonksiyonlarında yabancı para biriminin ulusal parayı kısmen veya tamamen ikame etmesi dolarizasyondur. Ancak bunun fonksiyonlardan hangilerinde öne çıktığı önem taşımaktadır. Fonksiyonlardan başlıcası olan değişim aracı olma fonksiyonundaki dolarizasyon aynı zamanda kur ikamesi olarak da adlandırılmaktadır. Servet saklama ve hesap birimi olma fonksiyonlarındaki dolarizasyon ise sadece servet koruma amacına hizmet ettiğinden nispeten daha hafif kabul edilmektedir.

Ülkelerin ulusal paralarının işlevini kaybetmesi para politikalarında etkinsizliğe neden olmaktadır. Para politikalarının etkisini yitirmesi, kronik hale gelen enflasyon, makroekonomik göstergelerde istikrarsızlık başta olmak üzere ekonomide ciddi sorunları da beraberinde getirmektedir. Dolarizasyonun artmasının temel nedeninin ekonomide yaşanan istikrarsızlıklar olduğu söylenebilir. Ekonomideki kriz dönemlerinde ulusal para birimi başta olmak üzere ulusal varlıklara azalan güven, yabancı varlıklarca ikame edilmelerini de beraberinde getirmektedir. Varlık ikamesi olarak adlandırılan bu durum dolarizasyonu beslemektedir. Ulusal paranın yüksek enflasyon nedeniyle değer saklama aracı olma özelliğini kaybetmesi yabancı parayı elde tutma eğilimini arttırmaktadır. Yurtiçi yerleşik hane halkı ve firmaların alım gücünü koruma güdülleri onları yabancı para cinsinden varlık tutmaya itmektedir.

Varlık ikamesinin bankacılık sistemindeki sonucu mevduat dolarizasyonudur. Mevduat dolarizasyonu, finansal kurumların finansal aracılık fonksiyonunun bir gereği olarak kredi dolarizasyonuna dönüşme eğilimindedir. Bankaların verecekleri kredilerde yabancı parayı öncelikli olarak tercih etmesi kaynak yapılarının doğal bir sonucudur. Bankaların ve firmaların kaynak yapısındaki yabancı para mevcudiyeti yükümlülük dolarizasyonu olarak adlandırılmaktadır. Yükümlülük dolarizasyonu, kendi parasıyla yurtdışında borçlanamayan, yurtiçinde de yerel para birimiyle istediği faiz ve vadeyi bulamadığından gene yabancı para borçlanan ülkeleri ve kurumları etkiler. Ayrıca borç alanlar ile borç verenler ulusal para biriminin istikrarsızlığı nedeni ile yabancı para cinsinden borçlanmak ve borç vermek isteyebilmektedir.

Bankaların hane halkı ve firmaların tercihleri sonucunda kaynak yapılarının yabancı para yoğun bir yapıya bürünmesi kaynak tarafında dolarizasyon yaşamalarına neden olmaktadır. Bunun doğal bir sonucu olarak bankalar varlık taraflarında yabancı para işlem yapmaya çalışmaktadır. Böylece bankalar hem kaynak hem de varlık dolarizasyonunu bir arada yaşamaktadır. Finansal kesim bilançolarında gerçekleşen bu dolarizasyon türü finansal dolarizasyon olarak adlandırılmaktadır. Bankaların varlık ve yükümlülük dolarizasyonunu aynı anda yaşamalarına bağlı olarak gelişen finansal dolarizasyon öncelikle bankaların hareket kabiliyetini sınırlamakta, devamında ise firmaların ulusal para cinsinden krediye erişiminde zorluklar yaşamalarına neden olmaktadır.

Para politikasının temel hedefi fiyat istikrarının sağlanmasıdır. Ekonomide dolarizasyonun varlığı söz konusu ise ulusal para talebi hem ulusal hem de yurtdışı etkilere açık hale gelmektedir. Bu durum para talebinin tahminini zorlaştırmaktadır. Dolarizasyon seviyesi yüksek ise dalgalı kur rejimi uygulansa bile merkez bankaları istenilen para politikalarını uygulamakta özgür olamamaktadır. Dolarizasyonun, yol açtığı makroekonomik sorunların yanında parasal aktarım mekanizmasını bozucu etkisi de bulunmaktadır. Bu durum parasal aktarım kanallarından en önde geleni olan faiz kanalının istenen sonucu vermemesine neden olmaktadır. Merkez bankaları ulusal para üzerinden faiz oranı hakkında karar alırken, alınan kararların etkisi dolarizasyonun yüksekliği nispetinde etkisiz kalmaktadır. Parasal aktarım kanalının etkisizliği faiz kanalıyla sınırlı değildir. Döviz kuru kanalı dolarizasyona bağlı döviz kuru dalgalanmalarından etkilendiğinden merkez bankalarının bu kanaldaki hareket kabiliyeti sınırlanmaktadır. Bir diğer kanal olan beklentiler kanalında ise ulusal para değer kayıplarının etkili olduğu görülmektedir. Dolarizasyon ve ilişkili olduğu döviz kuru hareketleri beklentiler üzerinde etkili olmaktadır. Bu durum merkez bankalarının beklentiler kanalındaki yönlendirmelerini güçleştirmektedir. Son olarak varlık fiyatları kanalında da merkez bankaları zorluk yaşamaktadır. Döviz kuru dalgalanmalarının arttığı, ulusal paranın belirgin değer kaybı yaşadığı dönemlerde varlık fiyatlarında özellikle gayrimenkulde fiyatların döviz kuruna uyarıldığı gözlemlenmektedir. Bu durum, merkez bankalarının varlık fiyatları kanalında karşılaştıkları güçlük nedeniyle fiyat istikrarı çabalarında zorlanmalarına yol açmaktadır.

Ülke ekonomisinde döviz kurunun değeri ekonomik açıdan ileriye yönelik beklentileri de etkilemektedir. Firmaların yabancı para cinsinden yükümlülüklerinin fazlalığı belirsizliklerin yoğun olduğu ortamlarda kırılabilirliği da arttırmaktadır. Piyasalarda oynaklığın arttığı dönemlerde döviz kuru piyasasında, şirketler geri ödeme gücünü yaşamamak için döviz kuru üzerinde ilave baskı yaratacak bir döviz talebinde bulunabilirler. (Emsen, 2022). Yüksek dolarizasyonun ekonomik krizlerin etkisini arttırdığı da bir gerçektir. Döviz kurunda yaşanan dalgalanmaların ekonomide finansal krizlere yol açma potansiyeli de mevcuttur. Özellikle ithalata bağımlı üretim yapan sektörler döviz kuru oynaklığından ciddi derecede etkilenmektedirler. Özellikle ulusal parada yaşanan ani ve hızlı değer kayıpları firmaların ürün ve hizmetlerindeki fiyatlandırma davranışlarının zincirleme olarak etkilemektedir.

Dolarizasyonun varlığında ekonominin yabancı para biriminin etki alanında olması ekonomideki enflasyonist baskıyı arttırabilir ve ülkeyi ekonomik krize sürükleyebilir. Bu temel bulgular dolarizasyon durumunun politika yapıcılar tarafından önemsenmesi ve üretilen politikalarda da dikkate alınması gerekliliğini göstermektedir.

Dolarizasyonun ülke ekonomilerini farklı yönlerden etkileme potansiyeline sahip olması konu ile ilgili farklı bakış açıları ile geliştirilmiş geniş bir literatürü de beraberinde getirmiştir. Akçay, Alper ve Karasulu (1997) çalışmalarında Türkiye’de dolarizasyon ile döviz kuru istikrarsızlığı ilişkisini araştırmıştır. Çalışmada dolarizasyonun, EGARCH-M model ile belirlenen döviz kuru oynaklığını arttırdığı sonucuna varılmıştır. Yinusa (2008) çalışmasında nominal döviz kuru volatilitesi ile dolarizasyon ilişkisini Nijerya ekonomisi için Granger nedensellik testini kullanarak analiz etmiştir. Elde edilen bulgular çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığını göstermektedir.

Özkaramete (1996) çalışmasında Türkiye’de dolarizasyonu etkileyen faktörleri 1990 ile 1995 dönemini içeren aylık verileri kullanarak araştırmıştır. Elde edilen bulgular Türk Lirası’nın değer kaybının arttıkça dolarizasyon oranının da artacağı yönündedir. Bu sonuç dolarizasyon artışı ile ulusal para değer kaybındaki paralelliği gösteren diğer çalışmaların bulgularıyla uyumludur. Çorak ve Aksoy (2022) çalışmasında Türkiye ekonomisinde dolarizasyon ve enflasyon ilişkisini 2006 Ocak ile 2022 Eylül dönemine ait aylık verileri kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmada sunulan Granger nedensellik test bulguları dolarizasyondan enflasyona doğru bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Dolarizasyon ve döviz kuru hareketleri arasındaki ilişkilerin doğru yönlülüğüyle ilgili diğer çalışma bulgularıyla birlikte düşününce bu sonucun da literatürle uyumlu olduğu görülmektedir. Kaya ve Kara (2022) çalışmalarında Türkiye ekonomisinde dolarizasyonu belirleyen faktörleri araştırmış ve dolarizasyonun ekonomik büyümeye olan etkileri üzerinde durmuştur. 2014 Ocak ve 2022 Mart dönemini kapsayan verilerin kullanıldığı bu çalışmada elde edilen bulgular ile dolarizasyonun sebepleri araştırılmıştır. Çalışma sonucuna göre cari açığın artmasının, CDS risk priminin yükselmesinin, döviz kurundaki artışların, mevduat faiz oranının yükselmesinin ve ithalat artışının dolarizasyona yol açtığı tespit edilmiştir. Bunun yanında enflasyonda meydana gelen artışın ise dolarizasyonu azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca dolarizasyon ile ekonomik büyüme arasında aynı yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Kolcu ve Yamak (2022) yapmış oldukları çalışmada döviz kuru ile dolarizasyon ilişkisini 2012 Aralık ile 2021 Ocak dönemini kapsayan aylık veriler kullanarak araştırmıştır. Mevduat dolarizasyonu ile döviz kuru ve tüketici güven endeksi arasında uzun dönem ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre dolarizasyon, döviz kuru artışlarından ve düşüşlerinden doğru yönlü etkilenmektedir. Bu sonuç, dolarizasyonun döviz kuru dalgalanmaları ile güçlü ilişkisini göstermektedir. Dumrul (2010) tarafından yapılan çalışmada Türkiye’de ticarî dışa açıklık, beklenen döviz kuru, beklenen enflasyon oranı ve Türkiye ile ABD arasındaki reel faiz oranları farkı değişkenleri ile dolarizasyon ilişkisi 1980 ile 2009 dönemi için incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre tüm değişkenler içinden dolarizasyonu etkileyen en önemli faktörün beklenen reel döviz kuru olduğu bulunmuştur. Hekim (2008) tarafından yapılan çalışmada Türkiye’de dolarizasyon, enflasyon oranı, faiz oranı, döviz kuru endeksi ve kredibilite ilişkisi 1992 Ocak ile 2017 Aralık dönemi için araştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre dolarizasyonun en önemli belirleyicileri; enflasyon ve reel döviz kurunda meydana gelen değişimler olarak tespit edilmiştir. Erbaykal, Darıcı ve Kadroğlu (2008) çalışmasında Türkiye ekonomisinde dolarizasyon reel GSYİH, faiz oranı, nominal efektif döviz kuru değişkenlerinin ilişkisi 2001 Mayıs ve 2006 Aralık dönemini kapsayan verilerle araştırılmıştır. Bu çalışmaya göre dolarizasyonun tersine döndüğü ve dedolarizasyonun başladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Literatürde bulunan çalışmalardan farklı olarak, bu çalışmada dolarizasyon ile reel kur ilişkisine odaklanılmış ve literatüre yeni katılan Fourier terimli birim kök testi ve Fourier terimli eş bütünleşme testi kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın takip eden bölümünde, kullanılan ekonometrik yöntem anlatılmış, sonraki bölümde ise ekonometrik analizden elde edilen ampirik bulgulara yer verilmiştir.

### **Ekonometrik Yöntem**

Dolarizasyon ve reel kur ilişkisinin araştırıldığı bu çalışmada ilgili değişkenler arasındaki ilişki Granger nedensellik ile araştırılacaktır. Analizin ilk aşaması değişkenlerin durağanlık seviyelerinin belirlenmesidir. Durağanlık seviyelerinin belirlenmesinde kullanılan birim kök testleri Dickey ve Fuller (1979) testi ile ortaya çıkmıştır. Takip eden süreçte ilgili test prosedürünü farklılaştıran birçok birim kök testi literatüre kazandırılmıştır. Bu test prosedüründeki temel değişim Perron (1989) çalışması ile olmuştur. Bu çalışmada yapısal kırılmaların varlığının birim kök test prosedürüne etkileri araştırılmış ve test sonuçlarında yarattığı olumsuzluklar açıkça ortaya konmuştur. Bu çalışmayı takip eden süreçte yapısal kırılmaların birim kök testine etkisini modelleyen farklı çalışmalar literatüre kazandırılmıştır. Bu çalışmada literatürdeki son gelişmeler çerçevesinde Enders ve Lee (2012) çalışması ile literatüre kazandırılan Fourier terimli birim kök testi kullanılmıştır. İlgili test yapısal kırılmaların etkisini Fourier terimleri ile test prosedürüne dahil etmektedir. Bu çalışmada ilgili testin tercih edilmesinin nedeni Enders ve Lee (2012) çalışmasında önerilen testin yapısal kırılmaların formu ve yeri fark etmeksizin güçlü bir test olmasındandır. Enders ve Lee (2012) çalışmasında aşağıdaki model yapıları kullanılmaktadır.

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \alpha_1 + \alpha_3 \sin(2\pi kt/T) + \alpha_4 \cos(2\pi kt/T) + e_t$$

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \sin(2\pi kt/T) + \alpha_4 \cos(2\pi kt/T) + e_t$$

Yukarıdaki denklemlerde k frekans sayısını, t deterministik trendi, T gözlem sayısını, sin ve cos ise trigonometrik terimleri,  $\pi=3.14$  ifade etmektedir. Model tahmininde k frekans sayısının belirlenmesi önemlidir. Enders ve Lee (2012) çalışmasında uygun frekans sayısı seçiminde kalıntı kareler toplamının minimizasyonunu önermiştir. Birim kök temel hipotezinin ( $\rho=0$ ) sınanmasında kullanılacak olan test istatistiği aşağıdaki gibidir.

$$\tau_{DF} = \frac{\hat{\rho}}{Sh(\hat{\rho})}$$

Burada  $\hat{\rho}$ ,  $\rho$  parametresinin tahminini  $Sh(\hat{\rho})$  ise standart hatayı ifade etmektedir. Elde edilen test istatistik değeri Enders ve Lee (2012) çalışmasındaki tablo ile karşılaştırılarak karar verilebilir. Bu test prosedüründe önemli bir diğer nokta trigonometrik terimlerin anlamlılığının sınanmasıdır. Bu aşamada Enders ve Lee (2012) çalışmasında  $F(\hat{k})$  testinin kullanımı önerilmiştir (Boş Hipotez:  $\alpha_3 = \alpha_4 = 0$ ). Bu test istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$F(\hat{k}) = \frac{(KKT_R - KKT_{UR}(k))/2}{KKT_{UR}(k)/(T - q)}$$

$KKT_R$  kısıtlı model kalıntı kareler toplamını,  $KKT_{UR}$  kısıtsız model kalıntı kareler toplamını, q kısıtsız model parametre sayısını, T ise gözlem sayısını ifade etmektedir. Elde edilen test istatistiği Enders ve Lee (2012) kritik değerleri ile karşılaştırılır. Trigonometrik terimlerin istatistiksel anlamsızlığı ADF testinin kullanılabilceğinin göstergesidir.

Eş bütünleşme test prosedüründe yapısal kırılmaların varlığına Fourier terimlerinin kullanımı ile izin veren test prosedürü Banerjee, Arcabic ve Lee (2017) çalışması ile geliştirilmiştir. Bu test için kullanılacak olan modeller aşağıda gösterilebilir.

$$\Delta y_{1t} = \gamma_0 + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \delta_1 y_{1,t-1} + \gamma' y_{2,t-1} + \varphi' \Delta y_{2t} + \epsilon_t$$

Yukarıdaki denklemlerde k frekans sayısını, t deterministik trendi, T gözlem sayısını, sin ve cos trigonometrik terimleri,  $\pi=3.14$  ifade etmektedir. Model tahmininde k frekans sayısının seçiminde kalıntı kareler toplamının minimizasyonunu önerilmiştir. Eş bütünleşme test istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanabilecektir.

$$t_{ADL}^F = \frac{\hat{\delta}_1}{se(\hat{\delta}_1)}$$

Burada  $\hat{\delta}_1$ ,  $\delta_1$  parametresinin tahminini,  $se(\hat{\delta}_1)$  ise standart hatayı ifade etmektedir. Elde edilen test istatistik Banerjee, Arcabic ve Lee (2017) çalışmasındaki tablo değerleri ile karşılaştırılarak karar verilebilir.

Trigonometrik terimlerin anlamlılığı için  $F(\hat{k})$  testinin kullanımı önerilmiştir (Boş Hipotez:  $\gamma_1 = \gamma_2 = 0$ ). Bu test istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$F(k) = \frac{(SSR_0 - SSR_1(k))/2}{(SSR_1(k))/(T - m_1)}$$

Burada  $SSR_0$  kısıtlı model kalıntı kareler toplamını,  $SSR_1$  kısıtsız model kalıntı kareler toplamını, T gözlem sayısını,  $m_1$  ise kısıtsız model parametre sayısını ifade etmektedir. Burada kullanılacak kritik değerler Banerjee, Arcabic ve Lee (2017) çalışmasında sunulmuştur.

### Ampirik Sonuçlar

Türkiye Ekonomisinde dolarizasyon reel kur ilişkisinin araştırıldığı bu çalışmada dolarizasyon için yabancı para mevduatının tüm mevduata oranı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Elektronik Veri Dağıtım Sistemi'nden temin edilmiştir ve 2003 Ocak ile 2023 Aralık dönemini kapsamaktadır.

Çalışmanın ampirik analiz bölümünde dolarizasyon ve reel kur değişkenleri arasında nedensellik analizi yapılacaktır. Bu analizin hangi model üzerinden gerçekleştirileceğinin tespitinde değişkenlerin durağanlık durumu ve aralarında eş bütünleşme olup olmadığı önemli bir noktadır. Bu nedenle ampirik analizin ilk aşamasında kullanılacak serilere ait birim kök testlerinin yapılarak serilerin durağanlık mertebelerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Öncelikli olarak Genişletilmiş Dickey ve Fuller (ADF) testi ve Phillips Perron (PP) birim kök testleri kullanılmış ve sonuçlar tablo 1 de sunulmuştur.

**Tablo 1.** ADF ve PP Birim Kök Test Sonuçları

	ADF			PP		
	Sabit Terim ve Trend Yok	Sabit Terimli	Sabit Terim ve Trendli	Sabit Terim ve Trend Yok	Sabit Terimli	Sabit Terim ve Trendli
Dolarizasyon	-1.4187	-2.498	-2.8087	-1.5965	-2.514	-2.8451
$\Delta$ Dolarizasyon	-12.6188 <sup>a</sup>	-12.6581 <sup>a</sup>	-12.6824 <sup>a</sup>	-12.5976 <sup>a</sup>	-12.6267 <sup>a</sup>	-12.6419 <sup>a</sup>
Reel Kur	-0.999755	-0.051503	-2.612825	-0.779296	-0.307064	-3.021934
$\Delta$ Reel Kur	-12.4966 <sup>a</sup>	-12.5073 <sup>a</sup>	-12.6597 <sup>a</sup>	-11.4939 <sup>a</sup>	-11.5159 <sup>a</sup>	-11.9947 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> %1 anlamlılık seviyesinde durağanlığı göstermektedir.

ADF ve PP birim kök test sonuçları dolarizasyon ve reel kur değişkenlerinin düzey değerleri ile durağan olmadığını fark alındıktan sonra durağan hale geldiklerini göstermektedir. Yapılan bu testlere ilave olarak Ng-Perron birim kök testi ile de durağanlık mertebesi araştırılmış ve sonuçlar tablo 2 de sunulmuştur.

**Tablo 2.** Ng-Perron Birim Kök Test Sonucu

	Sabit Terimli				Sabit Terim ve Trendli			
	MZa	MZt	MSB	MPT	MZa	MZt	MSB	MPT
Dolarizasyon	-0.23141	-0.16324	0.70543	29.75	-2.11159	-1.0273	0.4865	43.1423
$\Delta$ Dolarizasyon	-80.5349 <sup>a</sup>	-6.34531 <sup>a</sup>	0.07879 <sup>a</sup>	0.30496 <sup>a</sup>	-117.329 <sup>a</sup>	-7.64904 <sup>a</sup>	0.06519 <sup>a</sup>	0.8132 <sup>a</sup>
Reel Kur	-0.66629	-0.34446	0.51699	17.5855	-1.8615	-0.85058	0.45693	41.2677
$\Delta$ Reel Kur	-53.4201 <sup>a</sup>	-5.16146 <sup>a</sup>	0.09662 <sup>a</sup>	0.47553 <sup>a</sup>	-183.939 <sup>a</sup>	-9.58846 <sup>a</sup>	0.05213 <sup>a</sup>	0.50012 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> %1 anlamlılık seviyesinde durağanlığı göstermektedir.

Ng-Perron birim kök test sonuçlarına göre seriler düzey değerlerine göre durağan değilken fark alındıklarında durağan hale gelmektedirler. Bu bulgular ADF ve PP testlerinden elde edilen bulguları desteklemektedir.

Yapısal kırılmaların birim kök test sürecine yaptığı yanıltıcı etkileri dikkate almak ve elde edilen test sonuçlarının güvenilirliğini arttırmak için yapısal kırılmaları dikkate alan Enders ve Lee (2012) Fourier terimli birim kök testi kullanılmış ve sonuçlar tablo 3 te sunulmuştur.

**Tablo 3.** Enders Lee Birim Kök Test Sonuçları

Sabit Terimli	k	Test İstatistiği	F
Dolarizasyon	1	-2.3037	5.78
Reel Kur	1	-1.6047	2.6978
Sabit Terim ve Trendli			
Dolarizasyon	1	-2.8121	5.4112
Reel Kur	1	-4.5245	5.99

Tablo 3 te sunulan Enders ve Lee (2012) Birim kök test sonuçları incelendiğinde her iki değişken için gerek sabit terimli gerekse sabit terim ve trendli model yapıları için F test istatistiklerinin Enders ve Lee (2012) çalışmasında sunulan kritik değerlerden küçük olduğu görülmektedir. Bu bulgu trigonometrik terimlerin anlamsızlığını göstermektedir. Bu nedenle ADF test sonuçlarının kullanılabileceği söylenebilir.

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde değişkenler arasındaki eş bütünleşme ilişkisinin araştırılabileceği söylenebilir. Çalışmanın bu bölümünde tutarlı sonuçlar elde edebilmek için farklı model yapılarını kullanan farklı eş bütünleşme testlerinden faydalanılacaktır. Ampirik analizde kullanılan ilk test Engle Granger testidir. İlgili test ait sonuçlar tablo 4 te sunulmuştur.

**Tablo 4.** Engle Granger Eş bütünleşme Test Sonuçları

Sabit Terimli				
Bağımlı Değişken	tau istatistiği	Olasılık	z istatistiği	Olasılık
Dolarizasyon	-2.115163	0.469	-6.435669	0.6131
Reel Kur	-0.209998	0.9799	-0.573494	0.9777
Sabit Terim ve Trendli				
Bağımlı Değişken	tau istatistiği	Olasılık	z istatistiği	Olasılık
Dolarizasyon	-1.771208	0.8565	-8.686086	0.7345
Reel Kur	-2.05566	0.7499	-11.6169	0.5449

Tablo 4 te sunulan Engle Granger eş bütünleşme testi sonuçlarına göre gerek sabit terimli modelde gerekse sabit terim ve trendli modelde eş bütünleşme bulgusuna rastlanmamaktadır. Eş bütünleşmenin varlığı bir de Johansen eş bütünleşme testi ile sınanmış ve ilgili test bulguları tablo 5’te raporlanmıştır.

**Tablo 5.** Johansen Eş bütünleşme Test Sonuçları

	Özdeğer	İz İstatistiği	Kritik Değer	Olasılık	Maksimum			
					Özdeğer	İz İstatistiği	Kritik Değer	Olasılık
<b>Model 1</b>								
None	0.01863	5.53062	12.3209	0.4955	0.01863	4.64597	11.2248	0.5286
At most 1	0.00357	0.88464	4.12990	0.4011	0.00357	0.88464	4.12990	0.4011
<b>Model 2</b>								
None	0.02332	8.12554	20.2618	0.8139	0.02332	5.82885	15.8921	0.8068
At most 1	0.00925	2.29668	9.16454	0.7182	0.00925	2.29668	9.16454	0.7182
<b>Model 3</b>								
None	0.01907	4.94320	15.4947	0.8148	0.01907	4.75671	14.2646	0.7722
At most 1	0.00075	0.18649	3.84146	0.6658	0.00075	0.18649	3.84146	0.6658
<b>Model 4</b>								
None	0.04625	14.6447	25.8721	0.6041	0.04625	11.6981	19.3870	0.4438
At most 1	0.01185	2.94659	12.5179	0.8828	0.01185	2.94659	12.5179	0.8828
<b>Model 5</b>								
None	0.03737	11.8973	18.3977	0.3167	0.03737	9.40839	17.1476	0.454
At most 1	0.01002	2.48895	3.84146	0.1146	0.010026	2.488955	3.841466	0.1146

Johansen testinin 5 farklı model yapısına ilişkin sonuçlarının sunulduğu tablo 5 ten elde edilen bulgular tüm model yapılarında eş bütünleşmenin olmadığını göstermektedir.

Olası yapısal kırılma varlığının eş bütünleşme test sonuçlarını yanıltıcı hale getirebileceği düşüncesi ile yapısal kırılmaların varlığına izin veren Banerjee, Arcabic ve Lee (2017) Fourier terimli eş bütünleşme testi kullanılmış ve sonuçlar tablo 6’ da sunulmuştur.

**Tablo 6.** Banerjee, Arcabic, Lee Fourier Eş bütünleşme Test Sonuçları

Sabit Terimli	k	Test İstatistiği	F
Dolarizasyon Reel Kur	1	-1.489573556	3.383953789

Sabit Terim ve Trendli	k	Test İstatistiği	F
Dolarizasyon Reel Kur	1	-2.401083663	5.667199997

Tablo 6 da sunulan Banerjee, Arcabic ve Lee eş bütünleşme test sonuçları incelendiğinde F test istatistiklerinin Banerjee, Arcabic ve Lee (2017) çalışmasında sunulan kritik değerlerden küçük olduğu görülmektedir. Bu bulgudan hareketle trigonometrik terimler istatistiksel olarak anlamsızdır. Bu durum diğer testlerden elde edilen bulguların kullanılabilceğinin göstergesidir.

Sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde dolarizasyon ve reel kur serilerinin düzey değerleri ile durağan olmadığı, ilk farkları alınca durağan olduğu, aynı zamanda seriler arasında eş bütünleşme ilişkisinin var olmadığı söylenebilir. Elde edilen bu bulgular kullanılarak yapılan Granger nedensellik testi, serilerin fark halleri ile oluşturulan vektör otoregresif model kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Granger nedensellik sonuçları tablo 7 de sunulmuştur.

**Tablo 7.** Nedensellik Test Sonuçları

	Test İstatistiği	Olasılık
Reel Kur → Dolarizasyon	1.27673	0.5282
Dolarizasyon → Reel Kur	20.01185	0.0000

Elde edilen Granger nedensellik test bulgularına göre dolarizasyon reel kurun nedeni iken, reel kur dolarizasyonun nedeni değildir.

## Sonuç

Ekonomide yaşanan istikrarsızlığın arttırdığı dolarizasyon, temel hedefi fiyat istikrarını sağlamak olan merkez bankalarınca uygulanan para politikalarının etkinliğini kaybetmesine yol açmaktadır. Para arz ve talebinde dolarizasyonun yol açtığı genişleme, merkez bankalarının uygun politika aracı bulmasını güçleştirmektedir. Para politikalarında kaybolan bu etkinlik temel makroekonomik göstergelerde bozulmayı beraberinde getirmektedir. Bu durumda sorunu başlatan şeyin aynı zamanda sorunun çözümünün önünde en büyük engel olduğu bir denklem oluşmaktadır. Ekonomide dolarizasyonun varlığı söz konusu olduğunda ulusal para talebi hem ulusal hem de yurtdışı etkilere açık hale gelmektedir. Para talebinde yaşanan bu dağınıklık merkez bankalarının işini güçleştirmektedir. Dolarizasyonun varlığında ekonominin yabancı para biriminin baskısı altında olması ekonomideki enflasyonist riskleri arttırmaktadır. Böylece dolarizasyona bağlı olarak çoklu makroekonomik risklere maruz kalan ekonomi kriz tehlikesi yaşamaktadır. Bu temel bulgular dolarizasyon durumunun politika yapıcılar tarafından önemsenmesi ve üretilen politikalarda da dikkate alınması gerekliliğini göstermektedir. Para otoritelerinin dolarizasyonun yol açtığı risklerden kaçınmak amacıyla hızlıca aksiyon alması gerekmektedir. Bu çalışmada dolarizasyon reel kur ilişkisi 2003 Ocak ile 2023 Aralık arası dönem için yapısal kırılmaya izin veren birim kök ve eş bütünleşme testleri kullanılarak araştırılmıştır. Elde edilen bulgular dolarizasyonun reel kurun nedeni olduğunu gösterirken, reel kurun dolarizasyonun nedeni olmadığını göstermektedir. Elde edilen bulgu yüksek dolarizasyon durumunda döviz kurunun bu durumdan etkileneceğini göstermektedir. Kur şoklarını kontrol etmek isteyen politika yapıcılar tarafından bu duruma uygun politikalar üretilmeli, dolarizasyonun kökleşmesine müsaade edilmemelidir.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkısı:** Çalışma Konsepti/Tasarımı: A.M.Ç., S.D.; Veri Toplama: A.M.Ç., S.D.; Veri Analizi /Yorumlama: A.M.Ç., S.D.; Yazı Taslağı: A.M.Ç., S.D.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: A.M.Ç., S.D.; Son Onay ve Sorumluluk: A.M.Ç., S.D.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Conception/Design of study: A.M.Ç., S.D.; Data Acquisition: A.M.Ç., S.D.; Data Analysis/Interpretation: A.M.Ç., S.D.; Drafting Manuscript: A.M.Ç., S.D.; Critical Revision of Manuscript: A.M.Ç., S.D.; Final Approval and Accountability: A.M.Ç., S.D.

**Conflict of Interest:** The authors have no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The authors declared that this study has received no financial support.

#### ORCID:

Ahmet Metin Çamdibi 0009-0007-7879-716X

Server Demirci 0000-0003-3930-3554

#### KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akçay, O. Cevdet, C. Emre Alper, and Meral Karasulu. "Currency substitution and exchange rate instability: The Turkish case." *European Economic Review* 41.3-5 (1997): 827-835.
- Banerjee, P., Arčabić, V., and Lee, H. (2017). Fourier ADL cointegration test to approximate smooth breaks with new evidence from crude oil market. *Economic Modelling*, 67, 114-124.
- Calvo, G. A. (2002). On dollarization. *Economics of transition*, 10(2), 393-403.
- Çorak, G. M. and Aksoy, E. E. (2022). Dolarizasyon ile enflasyon arasındaki nedensellik ilişkisi: Türkiye örneği. *Uluslararası Muhasebe ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 205-220.
- Dumrul, C. (2015). Türk ekonomisinde para ikamesinin belirleyicilerinin sınır testi yaklaşımı ile eş-bütünleşme analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* (35), 199-231.
- Emsen, H. S. (2022). Dolarizasyon ve borsa ilişkileri: Türkiye üzerine incelemeler. *Uluslararası Ekonomi Siyaset İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 5(1), 29-48.
- Enders, W., and Lee, J. (2012). The flexible Fourier form and Dickey–Fuller type unit root tests. *Economics Letters*, 117(1), 196-199.
- Erbaykal, E., Darıcı, B. ve Kadioğlu, Ö; (2008), "Reverse Money Substitution Process: Turkey Case", *International Research Journal of Finance and Economics*, 15, 240–248.
- Hekim, D. (2008). "Para ikamesi histerisi: Türkiye örneği." *Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi* 3.1, 27-43.
- Kaya, Z., ve Kara, O. (2022). Dolarizasyonun belirleyicileri ve ekonomik büyüme ilişkisi: Türkiye örneği. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 24(43), 839-856
- Kolcu, F., Yamak, R. (2022). Döviz Kurunun Mevduat Dolarizasyonu Üzerindeki Asimetrik Etkisi. *İzmir İktisat Dergisi*, 37(2). 481-500
- Özkaramete, N. "Türkiye'de Dolarizasyon Ve Para İkamesi," *Ekonomik Yaklaşım*, Ekonomik Yaklaşım Association, vol. 7-20 (1996): 99-106.
- Yinusa, D. O. (2008). "Between dollarization and exchange rate volatility: Nigeria's portfolio diversification option." *Journal of Policy Modeling*, 30.5, 811-826.

#### Atıf Biçimi / How cite this article

Çamdibi, A.M., & Demirci, S. (2024). Dollarization and the real exchange rate nexus in Türkiye's economy. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 199–207. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1467704>

# Panel Veri Modelleri İle Öngörü Performans Kıyaslaması: Çevresel Kuznets Eğrisi Analizi\*

## Forecasting Performance Comparison With Panel Data Models: Environmental Kuznets Curve Analysis

Mücella Şahin<sup>1</sup> , Turgut Ün<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>(Doktora Öğrencisi), Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Doktora Programı, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>(Dr. Öğr. Üyesi), Marmara Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye

\*Bu çalışma, ilk yazar Mücella Şahin'nin Dr.Öğr.Üyesi Turgut Ün danışmanlığında Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Ana Bilim Dalında 2024 yılında tamamlanmış olduğu "Panel Yapılarına Bağlı Öngörü Yöntemleri ve Bir Uygulama" isimli doktora tezinden üretilmiştir.

### ÖZ

Bu çalışmada farklı panel veri yapılarına ve farklı tahmincilere bağlı olarak öngörü analizi yapılmıştır. Çevresel kuznets eğrisi çerçevesinde oluşturulan panel veri modelleri, heterojen ve homojen panel veri grubu olarak iki ayrı birim grubu üzerinden oluşturulmuştur. Heterojen panel veri olarak G20 ülke grubu ve homojen panel veri olarak G8 ülke grubu ele alınarak 1990 – 2020 dönemleri için oluşturulmuştur. Ardından sabit etkiler tahmin öngörüsü, tesadüfi etkiler tahmin öngörüsü ve birleşik öngörü yöntemleri ile örneklem dışı öngörüler elde edilerek bu öngörülerin performansları karşılaştırılmıştır. Çalışmada örneklem dışı 1 yıl, 3 yıl ve 3 yıl ortalaması için öngörü değerleri tahmin edilmiştir. Öngörü performansları ortalama hata kare ve kök ortalama hata kare ile değerlendirilmiştir. Sonucunda ise literatürdeki çalışmalarla uyumlu olarak homojen tahmincilerin daha iyi performans gösterdiğine ulaşılmıştır. Ayrıca homojen panel veri yapısında sabit etkiler tahmincisi ile elde edilen öngörünün, heterojen panel veri yapısında ise tesadüfi etkiler tahmincisi ile elde edilen öngörünün daha iyi performans sergilediği görülmüştür. Homojen panel veri yapısında birleşik öngörünün tesadüfi etkiler tahmincisi ile elde edilen öngöründen daha iyi olduğu ve heterojen panel veri yapısında ise sabit etkiler tahmincisi ile elde edilen öngörünün birleşik öngörü yönteminden daha kötü performans sergilediğine ulaşılmıştır. Çalışmada, Huang (2019) tarafından geliştirilen yeni öngörü yöntemlerinden birleşik öngörü yöntemi incelenerek diğer öngörü yöntemleri ile performansları kıyaslanmıştır. Bu çalışmanın bir diğer bakış açısı ise birleşik öngörü yönteminin heterojenlik ve içsellik açısından farklı koşullar altındaki performansı da incelenmiştir.

### ABSTRACT

In this study, forecast analysis was conducted on the basis of different panel data structures and predictors. Panel data models, constructed within the framework of the Environmental Kuznets Curve, were developed using two separate unit groups: the G20 country group as heterogeneous panel data and the G8 country group as homogeneous panel data for the period 1990–2020. Subsequently, out-of-sample forecasts were obtained using a fixed effects predictor, a random effects predictor, and combined forecasting methods, and the performances of these forecasts were compared. Forecast values were estimated for out-of-sample 1 year, 3 years, and a 3-year average. Forecast performances were evaluated using the mean squared error and root mean squared error. As a result, it was found that, in line with the literature, homogeneous predictors exhibited better performance. In addition, it was observed that the forecast obtained with the fixed effects predictor in the homogeneous panel data structure performed better, whereas the forecast obtained with the random effects predictor in the heterogeneous panel data structure performed better. The combined forecast in the homogeneous panel data structure was better than the forecast obtained with the random effects predictor, whereas in the heterogeneous panel data structure, the forecast obtained with the fixed effects predictor performed worse than the combined forecasting method. In this study, the combined forecasting method developed by Huang (2019) was examined, and its performance was compared with other forecasting methods. Another perspective of this study was to examine the performance of the combined forecasting method under different heterogeneity and endogeneity conditions.

**Anahtar Kelimeler:** Panel Veri, Öngörü Yöntemleri, Birleşik Öngörü

**Corresponding Author:** Mücella Şahin E-mail: mucellashin@gmail.com

**Submitted:** 17.04.2024 • **Accepted:** 20.05.2024



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)



**Keywords:** Panel Data, Forecasting Methods, Combined Forecasting

### EXTENDED SUMMARY

In this study, forecasting analysis is performed on the basis of different panel data structures and different estimators. The panel data model built within the framework of the environmental Kuznets curve is constructed for the period 1990-2020 by taking the G20 country group as heterogeneous panel data and the G8 country group as homogeneous panel data. Then, fixed-effects forecasting, random-effects forecasting, and combined forecasting methods are used to obtain out-of-sample forecasts their performances are compared. In this study, out-of-sample forecasts are estimated for 1 year, 3 years a average. Forecast performances are evaluated using the mean square error (MSE) and root mean square error (RMSE). The results show that homogeneous forecasters perform better in line with the studies in the literature. It is also observed that the prediction obtained with the fixed effects estimator outperforms the prediction obtained with the random effects estimator in the homogeneous panel data structure and the prediction obtained with the random effects estimator in the heterogeneous panel data structure. In the homogeneous panel data structure, combined forecasting outperforms obtained with the random effects estimator in the heterogeneous panel data structure, obtained with the fixed effects estimator performs worse than combined forecasting. Another perspective of this study is to examine the performance of the combined forecasting method under different conditions in terms of heterogeneity and endogeneity.

In the analysis of the study, stationarity analysis of the variables used for the environmental Kuznets curve panel data models for the G20 and G8 countries was performed. Then, it is determined that the model for the G20 country group is heterogeneous and that the panel data model for the G8 country group is homogeneous. Since it is aimed to compare the forecasts of fixed effects estimator, random effects estimator combined estimator as forecasting estimators, panel data models are estimated with these estimators and then out-of-sample forecasts are estimated by estimating in 1-year and 3-year samples.

In this study, G20 countries (Argentina, Australia, Brazil, Canada, China, European Union, France, Germany, India, Indonesia, Italy, Japan, Mexico, Russia, Saudi Arabia, South Africa, Turkey, United States, United Kingdom) covering the period 1990 - 2020 are considered as the heterogeneous panel data model, while G8 countries (Canada, France, Germany, Italy, Japan, Russia, United States, United Kingdom) with the same time dimension covering the period 1990 - 2020 are considered as the homogeneous panel data model. For both G20 and G8 country group panel data, one-year (2020) and three-year (2018, 2019 and 2020) forecasts are made for the combined forecasts developed with the within-group fixed effects estimator, the generalised least squares random effects estimator then the combination of fixed effects and random effects estimators. These forecasts are compared with the MSE and RMSE performance criteria.

The contribution of this study to the literature can be expressed as the comparison of forecasts by considering homogeneous and heterogeneous panel data structures separately. In addition, this study examines the performance of the combined forecasting method proposed by Huang (2019), which emerged as a different forecasting method, in these different panel data structures and analyzes the performance of the forecasts obtained with fixed and random effects estimators in cases of heterogeneity and endogeneity.

The aim of this study is to compare the performance of the prediction values by estimating the models with different panel data estimators and to analyse the performance of the forecasts of the random effects and fixed effects estimators as well as the combined forecasts in the presence of heterogeneity and endogeneity. The second section of the paper presents the panel data model used, the Environmental Kuznets Curve, and reviews related studies. The third section presents the literature on forecasting methods with panel data and the results of these studies. In the fourth section, panel data estimators and forecasting theory are presented, and in the fifth section, environmental Kuznets curve panel data model estimations and findings obtained from forecasts are explained. In the last section, forecasting performance comparisons and evaluations obtained from the application are presented.

## Giriş

Önemli bir küresel olgu olan küreselleşme, artan rekabetle birlikte ülkeler arasında daha yakın sosyal, ekonomik ve siyasi bağlar arası ilişkiyi güçlendirmiştir. Dünya çapında önemli bir ekonomik büyümeye yol açmış olsa da küreselleşme, başta artan enerji tüketimi olmak üzere olumsuz çevresel etkileri de beraberinde getirmiştir.

Öncelikli olarak sanayileşme, ulaşım, nüfus yoğunluğu, yoksulluk, trafik ve mülkiyet haklarının yanlış düzenlenmesi nedeniyle kaynak sömürüleri gibi konular çevre kirliliğine sebep olarak yer almaktadır. Bu durum hava kirliliği ve ekosistem değişiklikleri ile kanıtlanabilmektedir (Borhan vd., 2012). Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporlarında vurgulanan küresel ısınma, başta karbondioksit (CO<sub>2</sub>) olmak üzere artan sera gazı emisyonları nedeniyle kritik bir çevresel sorun olarak tanımlanmaktadır. Zararlı atıkların çevrede birikmesi ve üretim süreçlerine dahil edilmemesi ekonomik riskler oluşturmaktadır (Dam vd., 2013). Sonuç olarak, ekonomik faaliyetlerin hızla genişlemesi çevresel sorunları daha da kötüleştirmekte ve bu da ekonomik kalkınmayı engellemektedir. Bu durum, başlangıçtan itibaren ekonomi ve çevrenin birbirine bağlı olduğunun altını çizmektedir. 1970'li dönemlerin sonlarından itibaren çevre ekonomisi bir disiplin olarak meydana çıkmıştır ve 1990'lı dönemlerde de ekonomi ile çevre arasındaki ilişkilere dair çalışmalar önem kazanmaya başlamış ve devam etmiştir.

Nobel iktisat ödüllü Simon Kuznets, 1955 yılında yaptığı çalışmasında, uzun vadede kişi başına düşen gelirdeki değişimin dinamiklerini incelemiştir (Kömüryakan, 2019). Çalışmada, bir ülkenin ekonomik büyümesi sırasında gelir eşitsizliğinin artıp azalmasını tespit etmeye çalışmış ve bu eğilimleri etkileyen faktörleri ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Kuznets, kişi başına düşen gelirin tipik olarak ekonomik genişlemeyle birlikte artarken, gelir eşitsizliğinin büyümenin ilk aşamalarında başlangıçta artma eğiliminde olduğu sonucuna varmıştır. Bununla birlikte, ekonomik büyüme devam ettikçe gelir eşitsizliğinin azalmaya başladığı kritik bir dönüm noktasına dikkat çekmiştir. Kuznets eğrisi olarak bilinen bu olgu, gelir eşitsizliği ile ekonomik kalkınma arasında çan veya diğer bir tabirle ters U şeklinde bir ilişki olduğunu göstermektedir. Kuznets'in 1780'den 1950'ye kadar Almanya, Birleşik Krallık ve ABD'den elde edilen verilere dayanan analizi, kalkınmanın ilk aşamalarında kişi başına düşen Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) arttıkça gelir eşitsizliğinin kötüleştiğini, ancak kişi başına düşen gelir belirli bir eşiği aştığında azaldığını vurgulamıştır (Çalışkan, 2022).

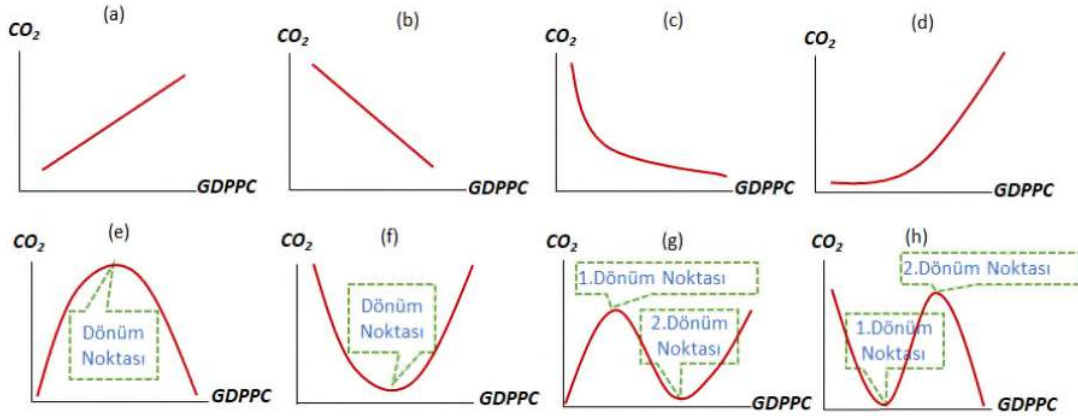
1990'ların başında Grossmann ve Krueger, 1977'den 1988'e kadar 42 ülkede hava kalitesi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen ufuk açıcı bir çalışma yürütmüştür. Analizleri, Kuznets'in bulgularına benzer bir ilişki ortaya koyarak Çevresel Kuznets Eğrisi'ni tanıttı, ancak kişi başına düşen milli gelir ve çevre kirliliğine, özellikle de kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) odaklandı. Geleneksel düşüncenin aksine, nüanslı modeller buldular: kişi başına düşen GSYİH ve SO<sub>2</sub> emisyonları arasında ters U şeklinde bir ilişki, karanlık madde ile N şeklinde ilişkiler ve asılı atmosferik parçacıklar ile doğrusal büyüme. Sabit etkiler metodolojisini kullanan panel veri analizi yoluyla bu eğilimleri doğrulamışlar ve ekonomik kalkınma ile çevresel bozulma arasındaki karmaşık dinamiklere ışık tutmuşlardır. Çevresel Kuznets Eğrisi teorisi, başlangıçta sadece çevre kirliliği ve ekonomik büyüme üzerine tanımlanmıştır ve teorisinin açıklanmasında kullanılan model aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir (Gürüş ve Şak, 2019).

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{it}^2 + \beta_3 X_{it}^3 + \varepsilon_{it}$$

Burada modelde yer alan bağımlı değişken CO<sub>2</sub> serisini ifade etmekte iken, X değişkeni kişi başı gelir değişkenini ifade etmektedir.

Grossmann ve Krueger'in 1991-1995 yılları arasındaki araştırmaları, ülkeler arasında ekonomik büyüme ve çevresel kalite arasındaki bağlantıyı incelemiştir. Ekonomik kalkınmada çevresel bozulmanın başlangıçta arttığı ve daha sonra iyileştiği dönüm noktalarını tespit etmişlerdir. Bu dönüm noktalarını 1991'de kişi başına düşen GSYH'nin yaklaşık 4.000 ila 5.000 dolar arasında olduğunu tespit etmişler, 1995'te ise kişi başına düşen GSYH'nin yaklaşık 8.000 dolar olduğu ikinci bir dönüm noktası önermişlerdir. Analizleri karmaşık modeller ortaya çıkarmıştır: Kişi başına düşen GSYH ile SO<sub>2</sub> emisyonları, kolibakteriler ve nehirlerdeki ağır metaller gibi kirleticiler arasında N şeklinde ilişkiler ve nehirlerdeki karanlık madde ve nitrojen seviyeleri ile ters U şeklinde eğilimler. Genel olarak, çalışmaları, ekonomik büyüme ile çevre kalitesinde doğrudan bir düşüş olduğu fikrine meydan okuyarak, ekonomik kalkınma ve çevresel etkiler arasındaki nüanslı dinamikleri ortaya koymuştur.

Panayotou (1993) Grossmann ve Krueger'in Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezini 55 ülke için doğrulamıştır. En Küçük Kareler yöntemini kullanarak, ormansızlaşma için 800-1.200 ve SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonları için 3.800 – 5.500 arasında dönüm noktaları olan ters U şeklinde bir eğri bulmuştur. Kişi başına düşen GSYH 10.000 \$'ın üzerine çıktığında ikinci bir kayma olduğunu ve bunun da ülkelerin büyüme için enerji yoğun endüstrilere odaklanmasıyla N şeklinde bir EKC'ye yol açtığını belirtmiştir. Ekonomik büyüme ve çevre kirliliği genellikle EKC hipotezi aracılığıyla ve genellikle kübik bir fonksiyon kullanılarak aşağıdaki gibi analiz edilebilmektedir.



**Grafik 1.** Milli Gelir Artışı ile Çevresel Bozulma Arasındaki Muhtemel İlişki Türleri

Kaynak: Çalışkan, 2022, s.308.

Grafik 1, ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi temsil eden Çevresel Kuznets Eğrisi'nin (EKC) çeşitli şekillerini göstermektedir. Pozitif eğimli bir doğrusal EKC (b), negatif eğimli bir hiperbolik (L tipi) EKC (c), pozitif eğimli bir eğrisel EKC (d), bir üstel fonksiyon EKC (e), ters U şeklinde bir parabolik EKC, a U şeklinde parabolik EKC (f), N şeklinde bir EKC (g) ve ters N tipi kübik EKC'ler (h). Ekonomik büyüme ve çevre kirliliği, grafiklerdeki çeşitli eğrilerde de gösterildiği gibi her zaman net bir model izlemeyebilmektedir. Bu sebeple her durumda doğrudan ters U şeklinde bir ilişki beklemekten kaçınılmalıdır (Çalışkan, 2022).

Bu çalışmada amaç, farklı panel veri tahmincileri ile modellerin tahmin edilerek öngörü değerlerinin performansları karşılaştırılmakta ve heterojenlik, içsellik durumlarında tesadüfi etkiler ile sabit etkiler tahmincilerinin öngörülerinin yanısıra birleşik öngörülerin performansları incelenmiştir. Çalışmanın giriş bölümünde kullanılan panel veri modeli olan Çevresel Kuznets Eğrisi ve bu konuyla ilişkili çalışmalardan elde edilen incelemelere yer verilmekte iken, ikinci bölümünde panel veri ile öngörü yöntemleri literatürü ve bu çalışmaların sonuçları yer almaktadır. Üçüncü bölümde panel veri tahmincileri ile öngörü teorisi bulunmakta iken dördüncü bölümde çevresel kuznets eğrisi panel veri model tahminleri ve öngörülerden elde edilen bulgular açıklanmıştır. Son bölümde ise uygulamadan elde edilen öngörü performans karşılaştırmaları ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

## Literatür

Panel veri öngörüsüne dayalı çalışmalar Baltagi ve Griffin'in 1997 yıllarındaki çalışmalarıyla başlamıştır. Bu çalışmada benzin için dinamik talep spesifikasyonu kullanılarak homojen ve heterojen panel tahmincilerinin 1, 5 ve 10 yıllık öngörü ufuklarında öngörülerinin performansları karşılaştırılmıştır. Homojen tahmincilerinin öngörü ortalama hata karesinin heterojen tahmincilerden daha iyi performans gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Baltagi, Bresson, Griffin ve Pirotte (2003)'de homojen, heterojen ve Shrinkage tahminciler için öngörü performans karşılaştırması yapılmıştır. Çalışmalarında daha önce 18 OECD ülkesi genelinde uluslararası benzin talebi ve ABD eyaletleri genelinde sigara talebi panelleri kullanılarak elde edilen bulguların aksine, bu Fransız paneli, fiyat ve gelirdeki bölgeler arası değişimin bölge içi değişime kıyasla küçük olması bakımından çok farklıdır. Bu panel seti ile birimler arasında heterojenlik olması durumunu simgelemektedir. Özellikle birimler arasında parametre heterojenliği önemli olması halinde, bu tür bir panel setinde ortaya çıkmaktadır. Homojen, heterojen ve shrinkage tahmincilerin örneklem dışı öngörü performansları incelendiğinde heterojen tahmincilerin en kötü performansa sahip oldukları görülmektedir. Shrinkage tahmincileri, heterojen tahmincilerden daha iyi öngörü performans göstermesine rağmen hala geniş bir aralığa sahiptir ve böylece homojen tahmincilerin en iyi öngörüye sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Brucker ve Siliverstovs (2006), çalışmalarında 1967 – 2001 dönemi için 18 ülkeden Almanya'ya göç verilerini kullanarak, örneklem dışı öngörüler için homojen ve heterojen tahmincilerin performansını karşılaştırmışlardır. 5 yıl ve 10 yıl ileri öngörüler için kök ortalama hata kare (RMSE) kriterine göre en kötü performans gösteren ortalama grup tahmincisi olmak üzere genel olarak da heterojen tahmincilerin kötü performans sergilediklerine ulaşılmıştır. Bunun nedenini 18 ülke genelinde regresyon parametrelerinin dengesiz olmasına bağlamaktadırlar ve ayrıca ülkeler arasındaki heterojenlikten kaynaklanan sapmalar, homojen yöntemleri ile dikkate alınmaktadır.

Huang, Lee ve Ullah (2019), çalışmalarında sabit ve tesadüfi etkiler tahmincilerinin Hausman test istatistiğine bağlı ağırlıklarla birleştirilmesinden elde edilen birleşik tahmincinin, sabit etkiler tahmincिसinden ve belirli koşullar altında tesadüfi etkiler tahmincिसinden daha iyi performans gösterdiğini belirtmiştir. Uygulamasında, 1997-2012 dönemi boyunca 51 eyalette panel veri kullanarak konut gaz ve elektrik talep tahminlerinin performanslarını karşılaştırmıştır. Konut gaz tüketiminin ve konut elektrik

tüketiminin bağımlı olduğu, kişi başı kişisel gelir, konut elektrik fiyatı ve konut doğal gaz fiyatının açıklayıcı değişkenler olduğu iki ayrı model tahmin etmişlerdir. Büyük veri seti göz önüne alındığında, modeli kesilmiş bir veri seti kullanarak (son 3 yıllık veriler olmadan) tahmin edilmiş ve ardından her tahminciyi örneklem dışı bir öngörü dönemine uygulanmıştır. Sabit etkiler ve tesadüfi etkiler öngörülerini birleştiren ve ağırlıkları Hausman istatistiğine ters olarak bağlı olan birleşik öngörü yaklaşımının öngörünün tüm içsellik dereceleri için sabit etkiler öngörüsünü eşit şekilde domine edebileceğini göstermektedir. Ayrıca, orta ila büyük boyutlu derecelerde içsellik ve heterojenlik için tesadüfi etkiler öngörüsüne göre sonlu örneklem MSFE'yi azaltabildiğine de ulaşılmaktadır.

Pesaran, Pick ve Timmermann (2022), yaptıkları çalışmada heterojen parametrelere sahip modeller için farklı heterojenlik dereceleri ile farklı birim ve zaman boyutlarında öngörü doğruluğu karşılaştırılması yapılmıştır. Homojen öngörü yöntemlerinin heterojen öngörülere dayalı öngörülerden daha iyi performans gösterebileceği koşulları araştırmışlardır ve öngörü doğruluğunun parametre heterojenliği derecesine, heterojenliğin öngörücülerle ilişkili olup olmadığına, modelin uyumunun iyi olup olmadığına ve özellikle de veri setinin zaman boyutuna bağlı olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca havuzlanmış (homojen) ve heterojen öngörüler için optimal kombinasyon ağırlıklarının önerildiği ve ayrıca ön test aracı olarak kullanılabilir yeni bir öngörü havuzlanabilirlik testi geliştirmişlerdir.

Bu çalışmanın literatüre katkısı, öncelikle homojen ve heterojen panel veri yapılarının ayrı ayrı ele alınarak öngörülerinin karşılaştırılması olarak ifade edilebilmektedir. Ayrıca farklı öngörü yöntemi olarak ortaya çıkan Huang'ın önerdiği birleşik öngörü yönteminin bu farklı panel veri yapılarındaki performansının incelenmesi ile sabit ve tesadüfi etkiler tahmincileriyle elde edilen öngörülerin heterojenlik ve içsellik durumlarındaki performanslarının analiz edilmesi amaçlanmıştır.

### Metodoloji

Tesadüfi etkiler tahmincileri ve sabit etkiler tahmincileri ile panel veri modelleri tahmin edilerek bunların öngörü değerleri elde edilebilmektedir ve öngörü literatürünün başlangıcından güncel döneme kadar karşılaştırmalarına yer verilmiştir. Bu bölümde tesadüfi etkiler ve sabit etkiler tahmincileriyle öngörü teorisine ve ardından birleşik öngörü teorisine yer verilmiştir.

$y_{it+s}$ ,  $t+s$  zamanda  $i$ . birimin gerçekleşen değerini ifade etmektedir. Burada  $i=1, \dots, n$  birim ve  $t+s=1, \dots, T$  zaman boyutunu tanımlamaktadır.  $t$  dönemindeki öngörücünün elinde bulunan mevcut bilgilere bağlı olarak  $y_{it+h}$  sonucuna ilişkin  $h$  dönem ileri öngörünün elde edildiği varsayılmaktadır.  $m=1, \dots, M$  indeksi, öngörü modellerini (birim öngörülerini) ve  $s \geq 0$  öngörü ufkunu tanımlamak üzere  $\hat{y}_{it+h|t,m}$  olarak gösterilebilmektedir (Timmermann, Zhu, 2019, s.6).

Homojen tahmincilerden tesadüfi etkiler modeli  $y_{it} = x_{it}\beta + v_{it}$  olmak üzere  $i=1, 2, \dots, n$  ve  $t=1, 2, \dots, T$  olarak sırasıyla birim ve zaman boyutunu göstermektedir.  $x_{it}$ ,  $q$  adet açıklayıcı değişkenler üzerindeki  $i$ . birimin  $t$ . dönemi gözlemidir.  $\beta, q \times 1$  bilinmeyen bir eğim parametresi iken hata teriminin içerisinde birim etki ve modelin hata terimi bulunmaktadır:  $v_{it} = \alpha_i + u_{it}$ . Bu denkleme bağlı olarak genelleştirilmiş en küçük kareler (GLS) aşağıdaki gibi elde edilmektedir.

$$\hat{\beta}_{RE} = (X' \hat{\Omega}^{-1} X)^{-1} X' \hat{\Omega}^{-1} y$$

Bu tahminci ile  $t$ . dönem  $i$ . birim için  $s$  dönem ileri öngörü tahmini aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir (Baltagi, 2013, s.1000):

$$\hat{y}_{i,T+s,RE} = x_{i,T+s}\beta_{RE} + \frac{\hat{\sigma}_\alpha^2}{\hat{\sigma}_1^2} T \hat{u}_{iRE}$$

Burada  $\frac{\hat{\sigma}_\alpha^2}{\hat{\sigma}_1^2} \sum_t \hat{u}_{i(RE)}$  açılımı  $\alpha_{i,RE}$  olarak ifade edilebilmektedir.  $\alpha_{i,RE}$  ise tesadüfi etkiler tahmincisinin birim etkisi olarak tanımlanmak üzere,  $\alpha_i$ 'yi tahmin etmek için  $\hat{u}_{iRE} = \frac{1}{T} \sum_t \hat{u}_{it}(RE)$  olduğunda aşağıdaki minimizasyon gerçekleştirilmektedir:

$$\frac{\sum_i \sum_t (y_{it} - x_{it}\beta - \alpha_i)^2}{(\sigma_u^2)} + \frac{\sum_i \alpha_i^2}{(\sigma_\alpha^2)}$$

$$\hat{\alpha}_i = \frac{\hat{\sigma}_\alpha^2}{(\hat{\sigma}_1^2)} T \hat{u}_{i(RE)}$$

$y_{(i,T+s)}$ 'nin en iyi sapmasız tahmincisi aşağıdaki şekilde de ifade edilebilmektedir:

$$\hat{y}_{i,T+S,RE} = x_{i,T+S}\hat{\beta}_{RE} + w'\Omega^{-1}\hat{v}_{RE}$$

Burada  $\hat{v}_{RE} = y - X\hat{\beta}_{RE}$  ve  $w = E(v_{i,T+1}v)$  olarak açıklanmaktadır. T+s dönem için hata terimi ise  $v_{i,T+S} = \alpha_i + u_{i,T+S}$  şeklinde tanımlanmaktadır. Ayrıca  $w = \sigma_a^2(I_i \otimes \beta_T)$  olmak üzere  $I_i$ ,  $I_N$ 'nin i. birim t. dönem kolonunu göstermektedir.

Bir diğeri ise sabit etkiler içeren bir panel veri regresyon modeli kullanarak öngörü yapmaktır. Sabit etkiler ile öngörü kısmında yer alan birim etkisi  $\hat{\alpha}_{FE} = (D'D)^{-1}D'(y - X)\hat{\beta}_{FE}$  olmak üzere i. birim için  $\hat{\alpha}_{i,FE} = \bar{y}_i - \bar{x}_i\hat{\beta}_{FE}$  olarak tanımlanmaktadır. Böylece, i. birim için s dönem sonrası öngörüsü iki şekilde ifade edilebilmektedir (Baltagi, 2013, s.1001):

$$\hat{y}_{i,T+S,FE} = \bar{y}_i + (x_{i,T+S} - \bar{x}_i)\hat{\beta}_{FE}$$

$$\hat{y}_{i,T+S,FE} = X_{it} + s\hat{\beta}_{FE} + \bar{u}_{i(FE)}$$

Tesadüfi etkiler spesifikasyonu altında,  $\hat{\beta}_{RE}$  asimptotik olarak etkin bir tahminci olmak üzere,  $\hat{\beta}_{FE}$  ise sapmasız ve tutarlıdır ancak etkin değildir.  $E(\alpha_i x_{it}) \neq 0$  koşulu sağlanmadığı durumda  $\hat{\beta}_{RE}$  sapmalı ve tutarsız olabilmekte iken,  $\hat{\beta}_{FE}$  tahmincisi bu durumdan etkilenmemektedir.  $\beta$ 'nin birleşik tahminci öngörüsü için ise tesadüfi etkiler ve sabit etkiler tahmincisi öngörülerini kullanarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Huang, 2019, s.30):

$$\hat{\beta}_c = w\hat{\beta}_{RE} + (1 - w)\hat{\beta}_{FE}$$

Burada;

$$w_c \begin{cases} \frac{\tau}{H_n} & H_n \geq \tau \\ 1 & H_n < \tau \end{cases}$$

koşulu bulunmaktadır. Buradaki  $H_n$  ise aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir.

$$H_n = n(\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE})' [\hat{V}_{FE} - \hat{V}_{RE}]^{-1} (\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE})$$

$\tau$ , daralma derecesini kontrol eden bir daralma parametresidir. Değişken sayısı q olarak ifade edilmek üzere,  $q > 2$  olduğunda  $\tau = q - 2$  olarak ayarlanmalıdır.  $H_n$  ise Hausman (1978) istatistiğini ifade etmektedir.  $H_n < \tau$  olduğunda  $\hat{\beta}_c = \hat{\beta}_{RE}$  olmakta iken,  $H_n > \tau$  olduğunda ise  $\hat{\beta}_c$  tahmincisi  $\hat{\beta}_{FE}$  ve  $\beta_{RE}$ 'nin ağırlıklı ortalamasıdır.

Birleşik öngörü teorisine göre,  $\hat{\beta}_{RE}$  ve  $\hat{\beta}_{FE}$ 'nin, Hausman istatistiğinin ve  $\hat{\beta}_c$ 'nin içsellik durumunda  $\rho = \frac{1}{\sqrt{n}}\sigma$ 'nin ortak asimptotik dağılımını sunmaktadır.  $\hat{\beta}_{RE}$  ve  $\hat{\beta}_{FE}$ 'nin ortak asimptotik dağılımı normaldir.  $\sigma \neq 0$  olduğunda  $\hat{\beta}_{RE}$ 'nin asimptotik sapması bulunmaktadır ancak  $\hat{\beta}_{FE}$  tutarlıdır. Hausman istatistiği, asimptotik olarak merkezi olmayan ki-kare dağılımına sahip olmakla birlikte, merkezi olmayan parametre h, yerel içsellik parametresi  $\sigma$ 'ye bağlıdır.  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_q$  olmak üzere,  $W(V_{FE} - V_{RE})$  matrisinin sıralanmış özdeğerlerini temsil eden d değeri,  $d = \frac{tr(W(V_{FE} - V_{RE}))}{\lambda_1}$  ve  $\tau = q - 2$  olarak tanımlanmak üzere, bir diğer birleşik öngörü teorisine göres  $d > 2$  olması ve  $0 < \tau \leq 2(d - 2)$  koşulu sağlanmakta ise aşağıdaki eşitsizlik geçerli olmaktadır (Huang, 2019, s.32). İkinci teoremdeki açıklamalara istinaden birleşik tahmincinin asimptotik risk açısından sabit etkiler öngörüsünü domine edebileceği ve teoremlerden elde edilen bir diğer sonuç da orta ve büyük derecelerde içsellik ve heterojenliğin güçlü olduğu durumlarda tesadüfi etkiler öngörüsüne göre öngörü ortalama hata karesini azalttığı belirtilmektedir (Huang, 2019, s.34).

$$\hat{y}_{i,T+s,c} = x'_{i,T+s,c}\hat{\beta}_c + w\hat{v}_{RE} + (1 - w)\bar{u}_{i(FE)} = w\hat{y}_{i,T+s,RE} + (1 - w)\hat{y}_{i,T+s,FE}$$

Ayrıca örneklem içi öngörü tahminindeki üstünlüğün örneklem dışı öngörüde de geçerli olup olmadığını görmek amacıyla  $w_c$  koşulunun bulunduğu denklemde gösterilen ağırlıklandırma kullanılarak  $\hat{y}_{i,T+s,FE}$  ve  $\hat{y}_{i,T+s,RE}$ 'nin birleştirilmesiyle  $\hat{y}_{i,T+s,c}$  tahminine yukarıdaki şekilde ulaşılabilmektedir.

## Veri Seti ve Bulgular

Çalışmada heterojen panel veri modeli olarak G20 ülkeleri 1990 – 2020 dönemini kapsayan G20 ülkeleri (Arjantin, Avustralya, Brezilya, Kanada, Çin, Avrupa Birliği, Fransa, Almanya, Hindistan, Endonezya, İtalya, Japonya, Meksika, Rusya, Suudi Arabistan, Güney Afrika, Türkiye, Amerika, İngiltere) ele alınmakta iken, homojen panel veri modeli olarak da yine aynı zaman boyutu kapsamında 1990 – 2020 dönemi ile G8 ülkeleri (Kanada, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, Rusya, Amerika, İngiltere) ele alınmıştır.

**Tablo 1.** Değişken ve Tanımları

Kısaltmalar	Değişken Tanımları
CO2	CO2 Emisyonu (Kişi Başına Metrik Ton)
GDP	Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları)
GDP2	Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları) karesi
GDP3	Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları) küpü

Kaynak: World Bank

Öngörü tahmini öncesindeki aşamalar arasında öncelikle değişkenler için birim kök analizi yapılarak değişkenlerin durağanlık mertebeleri belirlenmektedir. Ayrıca panel veri modellerinin homojenlik analizi da yapılmaktadır. Ardından örneklem dışı öngörü için tüm örneklem içerisinde 1 ve 3 dönem kestirimleri yapılarak model tahminleri gerçekleştirilmektedir. Son olarak ise tahmin edilen modellerden öngörüler gerçekleştirilerek bu öngörülerin performans kriterleri ile karşılaştırılması yapılmaktadır. Çalışmada heterojen ve homojen panel veri yapılarının öngörü performanslarını ayrı olarak ele almak için iki farklı panel veri birim grubu kullanılmıştır. Öncelikle G20 ülke grubu ile yapılan analize ve sonuçlarına yer verilmiştir.

**Tablo 2.** G20 HAC Robust Homojenlik Test Sonucu

	Delta	Olasılık Değeri
	11.875	0.000*
Adj.	12.966	0.000*

HAC Kernel: Bartlett

G20 ülke grubu için yapılan homojenlik testi sonucuna göre HAC test istatistikleri olasılık değerleri %5'ten küçük olduğu için eğim katsayılarının homojen olduğunu varsayan sıfır hipotezi reddedilmektedir ve eğim katsayılarının heterojen olduğu belirtilen alternatif hipotez kabul edilmektedir.

G20 panel grubu için model tahminlerine geçmeden önce modelde kullanılan değişkenlerin durağanlık seviyeleri incelenmektedir. Her iki modelde yer alan tüm değişkenler için öncelikle yatay kesit bağımlılık testi analizi yapılmaktadır ve ardından tüm değişkenlerde yatay kesit bağımlılık söz konusu olduğu için panel ikinci nesil birim kök testi uygulanmaktadır.

**Tablo 3.** G20 Birim Kök Test Sonucu

	t-bar	Z[t-bar]	Olasılık Değeri	Karar
CO2	-1.365	1.878	0.970	I(0) düzeyde durağan değil
GDP	-2.611	-3.899	0.001*	I(0) düzeyde durağan
GDP2	-2.582	-3.766	0.001*	I(0) düzeyde durağan
GDP3	-2.545	-3.595	0.001*	I(0) düzeyde durağan
ΔCO2	-3.250	-6.742	0.001*	I(1) düzeyde durağan

\*, 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

Pesaran test sonuçları incelendiğinde CO2 serisi için test istatistiği olasılık değerleri %5'ten küçük olduğu için  $H_0$  reddedilmektedir ve düzeyde durağan olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Serinin birinci farkı alınmıştır ve tekrar test uygulandığında 1. farkta durağan olduğu tespit edilmektedir. GDP, GDP2 ve GDP3 serilerinin test istatistiği olasılık değerleri %5'ten büyük olduğu için durağanlığı ifade eden  $H_0$  reddedilememektedir ve serilerin düzeyde durağan olduğu görülmektedir.

Değişkenlerin durağan halleri ile sabit etkiler ve tesadüfi etkiler panel veri modelleri tahmin edilmektedir ve aşağıdaki tabloda model tahmin sonuçlarına yer verilmektedir.

**Tablo 4.** G20 Sabit Etkiler Model Tahmini (1990 – 2019)

$\Delta CO_2$	Katsayılar	Std. Hata	t test	P> t
<b>GDP</b>	-2.9985	1.207	-2.48	0.013*
<b>GDP2</b>	0.3986	0.142	2.79	0.005*
<b>GDP3</b>	-0.0172	0.005	-3.12	0.002*
<b>Sabit</b>	7.3680	3.345	2.20	0.028*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G20 panel veri grubu için 1 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2019 dönemleri arası sabit etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 5.** G20 Sabit Etkiler Model Tahmini (1990 – 2017)

$\Delta CO_2$	Katsayılar	Std. Hata	t test	P> t
<b>GDP</b>	-3.0912	1.243	-2.49	0.013*
<b>GDP2</b>	0.4067	0.147	2.77	0.006*
<b>GDP3</b>	-0.0173	0.005	-3.05	0.002*
<b>Sabit</b>	7.6549	3.439	2.23	0.027*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G20 panel veri grubu için 3 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2017 dönemleri arası sabit etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 6.** G20 Tesadüfi Etkiler Model Tahmini (1990 – 2019)

$\Delta CO_2$	Katsayılar	Std. Hata	t test	P> t
<b>GDP</b>	-3.0580	1.143	-2.67	0.007*
<b>GDP2</b>	0.3942	0.135	2.92	0.004*
<b>GDP3</b>	-0.0166	0.005	-3.17	0.002*
<b>Sabit</b>	7.7937	3.169	2.46	0.014*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G20 panel veri grubu için 1 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2019 dönemleri arası tesadüfi etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 7.** G20 Tesadüfi Etkiler Model Tahmini (1990 – 2017)

<b>ΔCO2</b>	<b>Katsayılar</b>	<b>Std. Hata</b>	<b>t test</b>	<b>P&gt; t </b>
<b>GDP</b>	-3.1773	1.182	-2.69	0.007*
<b>GDP2</b>	0.4090	0.140	2.92	0.004*
<b>GDP3</b>	-0.0172	0.005	-3.16	0.002*
<b>Sabit</b>	8.0966	3.273	2.47	0.013*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G20 panel veri grubu için 3 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2017 dönemleri arası tesadüfi etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir. Örneklem dışı öngörü yapabilmek için 1990 – 2020 dönem boyutundan 1 yıl ve 3 yıl ileri öngörü tahmini yapabilmek için sırasıyla 1990 – 2019 dönemleri ve 1990 – 2017 dönemleri için sabit etkiler ve tesadüfi etkiler panel veri modelleri tahmin edilmektedir. G20 ülke grubuna ait panel veri modelinde yer alan değişkenlerin içselliklerini analiz etmek amacıyla Durbin-Wu-Hausman içsellik testi yapılmaktadır.

**Tablo 8.** G20 İçsellik Test Sonucu (1990 – 2019)

	<b>Test İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
<b>Durbin (Score) <math>\chi^2_1</math></b>	4.2443	0.039*
<b>Wu-Hausman F(1,507)</b>	4.2296	0.040*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G20 panel veri modeli 1990 – 2019 dönem modeli için içsellik testi sonucuna göre test istatistiği olasılık değeri %5'ten küçük olduğu için  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir ve değişkenler için içsellik bulunduğu tespit edilmektedir.

**Tablo 9.** G20 İçsellik Test Sonucu (1990 – 2017)

	<b>Test İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
<b>Durbin (Score) <math>\chi^2_1</math></b>	3.9147	0.047*
<b>Wu-Hausman F(1,469)</b>	3.8974	0.048*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G20 panel veri modeli 1990 – 2017 dönem modeli için içsellik testi sonucuna göre test istatistiği olasılık değeri %5'ten küçük olduğu için  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir ve değişkenler için içsellik bulunduğu tespit edilmektedir. G20 için çalışmanın en son aşaması olan tahmincilerle ait öngörüler elde edilerek ortalama hata kare (MSE) ve kök ortalama hata kare (RMSE) kriterlerine göre öngörü performans sonuçları aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

G20 ülke grubu panel veri tahmincileri ile yapılan öngörüler değerlendirildiğinde 1 yıllık ve 3 yıllık öngörü performanslarında en düşük MSE ve RMSE'ye sahip tahmincinin sabit etkiler tahmincisi olduğu görülmektedir. İkinci olarak ise sabit etkiler tahmincisini birleşik öngörü takip etmektedir ve bu üç öngörü tahmincileri açısından en kötü performansa sahip olan tesadüfi etkiler tahmin öngörüsü yer almaktadır.

G20 için yapılan tüm analizler G8 ülke grubu için de aynı şekilde uygulanmakta ve bulgularına sırasıyla aşağıda yer verilmektedir. Öncelikle G8 ülke grubu için homojenlik analizi yapılmıştır.



**Tablo 10.** G20 Öngörü Performanslarının Karşılaştırılması

1 yıl ileri öngörü				3 yıl ileri öngörü		
Rank	Tahminci	MSE	RMSE	Tahminci	MSE	RMSE
1	FE	0.39417	0.62783	FE	0.1920501	0.4382352
2	Combined	0.39431	0.62794	Combined	0.1920507	0.4382359
3	RE	0.40427	0.63582	RE	0.1921896	0.4383943

3 yıl ortalaması			
Rank	Tahminci	MSE	RMSE
1	FE	0.271843	0.5149784
2	Combined	0.271913	0.5150386
3	RE	0.276546	0.5190347

**Tablo 11.** G8 HAC Robust Homojenlik Test Sonucu

	Delta	Olasılık Değeri
	1.261	0.207
<b>Adj.</b>	1.377	0.169

*HAC Kernel: Bartlett*

G8 ülke grubu için yapılan homojenlik testi sonucuna göre ise HAC test istatistikleri olasılık değerleri %5'ten büyük olduğu için eğim katsayılarının homojen olduğunu varsayan sıfır hipotezi reddedilememektedir ve homojen olduğu kabul edilmektedir.

**Tablo 12.** G8 Birim Kök Test Sonucu

	t-bar	Z[t-bar]	Olasılık Değeri	Karar
<b>CO2</b>	-2.274	-1.487	0.068	I(0) düzeyde durağan değil
<b>GDP</b>	-2.624	-2.539	0.006*	I(0) düzeyde durağan
<b>GDP2</b>	-2.582	-3.766	0.001*	I(0) düzeyde durağan
<b>GDP3</b>	-2.545	-3.595	0.001*	I(0) düzeyde durağan
<b>ΔCO2</b>	-3.250	-6.742	0.001*	I(1) düzeyde durağan

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G8 ülke grubu için kullanılan serilerde Pesaran'ın PESCADF testi uygulandığında CO2 serisinin düzeyde durağan olmadığı, 1. farkta durağan olduğu görülmektedir. GDP, GDP2 ve GDP3 serileri incelendiğinde ise düzeyde durağan olduğu tespit edilmektedir.

Değişkenlerin durağan halleri ile sabit etkiler ve tesadüfi etkiler panel veri modelleri tahmin edilmektedir ve aşağıdaki tabloda model tahmin sonuçlarına yer verilmektedir.

G8 panel veri grubu için 1 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2019 dönemleri arası sabit etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir.

G8 panel veri grubu için 3 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2017 dönemleri arası sabit etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 13.** G8 Sabit Etkiler Model Tahmini (1990 – 2019)

$\Delta CO_2$	Katsayılar	Std. Hata	t test	P> t
<b>GDP</b>	-29.53	11.73	-2.52	0.013*
<b>GDP2</b>	3.276	1.265	2.59	0.010*
<b>GDP3</b>	-0.119	0.044	-2.66	0.008*
<b>Sabit</b>	87.48	35.76	2.45	0.015*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

**Tablo 14.** G8 Sabit Etkiler Model Tahmini (1990 – 2017)

$\Delta CO_2$	Katsayılar	Std. Hata	t test	P> t
<b>GDP</b>	-31.52	12.20	-2.58	0.010*
<b>GDP2</b>	3.482	1.318	2.64	0.009*
<b>GDP3</b>	-0.126	0.046	-2.70	0.007*
<b>Sabit</b>	93.87	37.14	2.53	0.012*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

**Tablo 15.** G8 Tesadüfi Etkiler Model Tahmini (1990 – 2019)

$\Delta CO_2$	Katsayılar	Std. Hata	t test	P> t
<b>GDP</b>	-21.50	9.137	-2.35	0.019*
<b>GDP2</b>	2.400	0.980	2.45	0.014*
<b>GDP3</b>	-0.088	0.034	-2.54	0.011*
<b>Sabit</b>	63.42	28.13	2.25	0.024*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G8 panel veri grubu için 1 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2019 dönemleri arası tesadüfi etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 16.** G8 Tesadüfi Etkiler Model Tahmini (1990 – 2017)

$\Delta CO_2$	Katsayılar	Std. Hata	t test	P> t
<b>GDP</b>	-26.20	9.653	-2.71	0.007*
<b>GDP2</b>	2.900	1.037	2.80	0.005*
<b>GDP3</b>	-0.105	0.036	-2.87	0.004*
<b>Sabit</b>	78.00	29.67	2.63	0.009*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G8 panel veri grubu için 1 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2017 dönemleri arası tesadüfi etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir. Örneklem dışı öngörü yapabilmek için 1990 – 2020 dönem boyutundan 1 yıl ve 3 yıl ileri öngörü tahmini yapabilmek için sırasıyla 1990 – 2019 dönemleri ve 1990 – 2017 dönemleri için sabit etkiler ve tesadüfi etkiler panel veri modelleri tahmin edilmektedir. G8 ülke grubuna ait panel veri modelinde yer alan değişkenlerin içselliğini analiz etmek amacıyla Durbin-Wu-Hausman içsellik testi yapılmaktadır.

**Tablo 17.** G8 İçsellik Test Sonucu (1990 – 2019)

	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
<b>Durbin (Score) <math>\chi_1^2</math></b>	0.0881	0.766
<b>Wu-Hausman F(1,210)</b>	0.0857	0.770

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G8 panel veri modeli 1990 – 2019 dönem modeli için içsellik testi sonucuna göre test istatistiği olasılık değeri %5'ten büyük olduğu için değişkenlerin dışsal olduğunu belirten  $H_0$  hipotezi reddedilememektedir.

**Tablo 18.** G8 İçsellik Test Sonucu (1990 – 2017)

	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
<b>Durbin (Score) <math>\chi_1^2</math></b>	0.0218	0.882
<b>Wu-Hausman F(1,194)</b>	0.0212	0.884

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G8 panel veri modeli 1990 – 2017 dönem modeli için içsellik testi sonucuna göre test istatistiği olasılık değeri %5'ten büyük olduğu için değişkenlerin dışsal olduğunu belirten  $H_0$  hipotezi reddedilememektedir. G8 için çalışmanın en son aşaması olan tahmincilerle ait öngörüler elde edilerek MSE ve RMSE kriterlerine göre öngörü performans sonuçları aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

**Tablo 19.** G8 Öngörü Performanslarının Karşılaştırılması

1 yıl ileri öngörü				3 yıl ileri öngörü		
Rank	Tahminci	MSE	RMSE	Tahminci	MSE	RMSE
1	RE	0.56955	0.75468	RE	0.39103	0.62532
2	Combined	0.57717	0.75972	Combined	0.39459	0.62816
3	FE	0.57813	0.76035	FE	0.39839	0.62761
3 yıl ortalaması						
Rank	Tahminci	MSE		RMSE		
1	RE	0.43561		0.656148		
2	Combined	0.43997		0.659315		
3	FE	0.44143		0.659228		

G8 ülke grubu panel veri tahmincileri ile yapılan öngörüler değerlendirildiğinde 1 yıllık ve 3 yıllık öngörü performanslarında en düşük MSE ve RMSE'ye sahip tahmincinin tesadüfi etkiler tahmincisi olduğu görülmektedir. İkinci olarak ise sabit etkiler tahmincisini birleşik öngörü takip etmektedir ve bu üç öngörü tahmincileri açısından en kötü performansa sahip olan sabit etkiler tahmin öngörüsü yer almaktadır.

Çalışmanın analizinde, G20 ve G8 ülke grupları için çevresel kuznets eğrisi panel veri modelleri için kullanılan değişkenlerin durağanlık analizleri yapılmıştır. Ardından G20 ülke grubuna ait modelin heterojen olduğu ve G8 ülke grubu panel veri modelinin ise homojen olduğu tespit edilmiştir. Öngörü tahmincileri olarak sabit etkiler tahmincisi, tesadüfi etkiler tahmincisi ve birleşik tahminci öngörülerini karşılaştırılması amaçlandığı için bu tahminciler ile panel veri modelleri tahmin edilmiş ve ardından 1 yıl ve 3 yıllık örnekleme kestirimler yaparak örneklem dışı öngörüler tahmin edilmiştir.

Hem G20 hem de G8 ülke grubu panel verileri için grup içi sabit etkiler tahmincisi, genelleştirilmiş en küçük kareler tesadüfi etkiler tahmincisi ve ardından sabit etkiler ve tesadüfi etkiler tahmincilerinin kombinasyonu ile geliştirilen birleşik öngörü için 1 yıllık (2020 yılı) ve 3 yıllık (2018, 2019 ve 2020 yılı) öngörü tahminleri gerçekleştirilmiştir. Bu öngörüler ise MSE ve RMSE performans kriterleri ile karşılaştırılmıştır.

## Sonuç

Çalışmada panel veri modelleri ile belirli tahmincilerin öngörülerinin karşılaştırılması hedeflenmektedir. Öngörü tahmincileri arasında yer alan ve Bai Huang (2019) tarafından geliştirilen birleşik öngörü tahmincisinin büyük örneklem boyutu için heterojenlik ve içsellik dereceleri açısından sabit etkiler tahmincisi öngörüsünden daha iyi performans sergilediği belirtilirken orta ve küçük örneklemelerde birleşik öngörünün tesadüfi etkiler tahmincisi öngörülerine kıyasla daha düşük MSE ve RMSE değerlerine sahip olduğu ifade edilmektedir.

Öncelikle G20 paneli için homojenlik testi yapıldığında heterojen panel veri modeli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sabit etkiler tahmincisinde dikkate alınan bir diğer konu ise içsellik konusu olmaktadır. G20 paneli için yapılan Durbin-Wu-Hausman içsellik testi sonucuna göre içsellik olduğu yani, bağımsız değişkenler ile hata teriminin korelasyonlu olduğuna ulaşılmıştır. Bu içsellik sorunu sabit etkiler tahmincisinde dikkate alındığı için bu tahminci ile yapılan öngörünün de iyi olduğu sonucu elde edilebilmektedir. Değerlendirilmesi gereken bir diğer konu ise birleşik öngörünün tesadüfi etkiler ile yapılan öngöründen daha iyi performans göstermesidir. Birleşik öngörü için yapılan monte carlo simülasyonları sonucunda orta ve küçük örneklem boyutlarında ve içsellik varsayımı altında tesadüfi etkiler tahmincisi öngörüsüne kıyasla daha düşük RMSE değeri elde edildiği belirtilmiştir. Bu ifadenin, heterojen ve içsellik olduğu görülen G20 panel veri modeli tahmin ve ardından öngörü sonuçları kapsamında tutarlı olduğu ve tesadüfi etkiler tahmincisi öngörüsünden daha iyi performansa sahip olduğunu göstermektedir.

G8 ülke grubu panel veri modelinin ise homojen bir yapıda olduğu ve yapılan Durbin-Wu-Hausman içsellik testi sonucu dışsallık varsayımını sağladığı görülmektedir. Bu yapı altında dışsallık olması da tesadüfi etkiler tahmincisi ile yapılan öngörünün diğerlerine kıyasla daha iyi performans sergilemesini tetiklemektedir. Burada dikkat edilmesi gereken sonuç ise birleşik öngörünün sabit etkiler tahmincisi öngörüsünden daha iyi performansa sahip olmasıdır. Bu çalışmada önerilen yöntem olan birleşik öngörü yönteminin heterojenliğin ve içsellik yüksek olduğu durumda tesadüfi etkiler tahminci ile elde edilen öngöründen daha iyi performans gösterdiği ve homojen panel veri ve dışsallık olduğu durumda ise tesadüfi etkiler tahmincisinin en iyi öngörüye sahip olmasıyla birlikte, birleşik öngörünün sabit etkiler tahmincisinde daha iyi olduğuna ulaşılmaktadır.

---

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkısı:** Çalışma Konsepti/Tasarımı: M.Ş., T.Ü.; Veri Toplama: M.Ş., T.Ü.; Veri Analizi /Yorumlama: M.Ş., T.Ü.; Yazı Taslağı: M.Ş., T.Ü.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: M.Ş., T.Ü.; Son Onay ve Sorumluluk: M.Ş., T.Ü.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Conception/Design of study: M.Ş., T.Ü.; Data Acquisition: M.Ş., T.Ü.; Data Analysis/Interpretation: M.Ş., T.Ü.; Drafting Manuscript: M.Ş., T.Ü.; Critical Revision of Manuscript: M.Ş., T.Ü.; Final Approval and Accountability: M.Ş., T.Ü.

**Conflict of Interest:** The authors have no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The authors declared that this study has received no financial support.

---

**ORCID:**

Mücella Şahin 0000-0002-0803-1237  
Turgut Ün 0000-0002-7660-1510

**KAYNAKLAR / REFERENCES**

- Baltagi, B.H., ve Griffin J. M. (1997), Pooled Estimators vs. Their Heterogeneous Counterparts in The Context of Dynamic Demand For Gasoline. *Journal of Econometrics*, 77, 303-327.
- Baltagi, B.H., Bresson, G., Griffin, J.M., ve Pirotte, A. (2003), Homogeneous, heterogeneous or shrinkage estimators? Some empirical evidence from French regional gasoline consumption. *Empirical Economics*, 28, 795-811.
- Baltagi, B.H. (2013), Panel Data Forecasting, Handbook of Economic Forecasting, Volume 2B, ISSN 1574-0706, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-62731-5.00018-X>.
- Borhan, H., Ahmed, E.M., ve Hitam, M. (2012), The Impact of CO2 on Economic Growth in Asean 8, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 35, 389-397.
- Brucker, H., ve Siliverstovs, B. (2006), On The Estimation And Forecasting of International Migration: How Relevant is Heterogeneity Across Countries, *Empirical Economics*, 31, 735-754.
- Baltagi, B.H. (2013), Panel Data Forecasting, Handbook of Economic Forecasting, Bölüm: 18, ISSN 1574-0706.
- Çalışkan, U. (2022), Finansal Bir Birlik Olarak EUROCONTROL'de Çevresel Kuznets Eğrisinin Geçerliliği: Ekonometrik Bir Analiz, *Journal of Emerging Economies and Policy*, 7(1), 305-326.
- Dam, M.M., Karakaya, E., Bulut, Ş. (2013), Çevresel Kuznets Eğrisi ve Türkiye: Ampirik Bir Analiz, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 85 – 95.
- Kömürçüyan, F. (2019), Tesadüfi Katsayılı Panel Veri Modelleri: Çevresel Kuznets Eğrisinin Geçerliliğinin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Güriş, S., & Şak, N. (2019), Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Toplamsal Olmayan Sabit Etkili Panel Kantil Yöntemiyle İncelenmesi. *Business and Economics Research Journal*, 10(2), 327-339.
- Huang, B., Lee, T.H., Ullah, A. (2019), A Combined Random Effect And Fixed Effect Forecast For Panel Data Models. *Journal of Management Science and Engineering*, 4, 28-44.
- Kuznets, S. (1955), Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1-28.
- Pesaran, M.H., Pick, A., Timmermann, A. (2022), Forecasting With Panel Data: Estimation Uncertainty Versus Parameter Heterogeneity, CESifo Working Papers, 9690.
- Timmermann, A., Zhu, Y. (2019), Comparing Forecasting Performance With Panel Data, *SSRN Electronic Journal*, 6-7, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3380755>.

**Atf Biçimi / How cite this article**

Şahin, M., & Ün, T. (2024). Forecasting performance comparison with panel data models: Environmental kuznets curve analysis. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 208–221. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1469759>

**AMAÇ KAPSAM**

EKOİST Journal of Econometrics and Statistics yılda iki kez olmak üzere, her 6 ayda bir yayınlanmaktadır.

Dergimiz ölçme, tahmin, test, tahmin ve politika analizi konularını kapsayan, ekonomi ve ilgili konularda olmak üzere yeni ekonometrik tekniklerin uygulanması ile ilgili yüksek kaliteli makaleler yayınlamayı amaçlamaktadır.

Ekonometrik tekniklerin dikkatli ve titiz bir şekilde uygulanması ile elde edilen sonuçların uygun yorumlanması üzerinde durulmaktadır.

Makalelerde ekonomik içerik üzerinde vurgu yapılmalıdır.

EKOİST Journal of Econometrics and Statistics başta Ekonometri, istatistik ve Yöneylem Araştırması olmak üzere yüksek kaliteli araştırmalar yayınlamaktadır.

Uzmanlık alanlarına değinen, ulaşılabilir teknikleri içeren ve diğer araştırmacılar tarafından kolayca tekrarlanabilen, ekonomide yenilikçi, niceliksel araştırmalar için bir çıkış sağlamaktır.

Tüm gönderimler farklı hakemler tarafından inceleme sürecine tabidir.

EKOİST Journal of Econometrics and Statistics 2005'ten bu yana altı ayda bir "hakemli dergi" olarak yayınlanmaktadır.

Derginin dili İngilizce ve Türkçedir.

Çeşitli ekonomik sorunlara uygulanabilir istatistiksel yöntemleri tanıtan katkılar amaçlanır.

**Yayın Politikası**

Dergi yayın etiğinde en yüksek standartlara bağlıdır ve Committee on Publication Ethics (COPE), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA) ve World Association of Medical Editors (WAME) tarafından yayınlanan etik yayıncılık ilkelerini benimser; Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing başlığı altında ifade edilen ilkeler için: <https://publicationethics.org/resources/guidelines-new/principles-transparency-and-best-practice-scholarly-publishing>

Gönderilen makaleler derginin amaç ve kapsamına uygun olmalıdır. Orijinal, yayınlanmamış ve başka bir dergide değerlendirme sürecinde olmayan, her bir yazar tarafından içeriği ve gönderimi onaylanmış yazılar değerlendirmeye kabul edilir.

Makale yayınlanmak üzere Dergiye gönderildikten sonra yazarlardan hiçbirinin ismi, tüm yazarların yazılı izni olmadan yazar listesinden silinemez ve yeni bir isim yazar olarak eklenemez ve yazar sırası değiştirilemez.

İntihal, duplikasyon, sahte yazarlık/inkar edilen yazarlık, araştırma/veri fabrikasyonu, makale dilimleme, dilimleyerek yayın, telif hakları ihlali ve çıkar çatışmasının gizlenmesi, etik dışı davranışlar olarak kabul edilir. Kabul edilen etik standartlara uygun olmayan tüm makaleler yayından çıkarılır. Buna yayından sonra tespit edilen olası kuraldışı, uygunsuzluklar içeren makaleler de dahildir.

**İntihal**

Ön kontrolden geçirilen makaleler, iThenticate yazılımı kullanılarak intihal için taranır. İntihal/kendi kendine intihal tespit edilirse yazarlar bilgilendirilir. Editörler, gerekli olması halinde makaleyi değerlendirme ya da üretim sürecinin çeşitli aşamalarında intihal kontrolüne tabi tutabilirler. Yüksek benzerlik oranları, bir makalenin kabul edilmeden önce ve hatta kabul edildikten sonra reddedilmesine neden olabilir. Makalenin türüne bağlı olarak, bunun oranının %15 veya %20'den az olması beklenir.

**Çift Kör Hakemlik**

İntihal kontrolünden sonra, uygun olan makaleler baş editör tarafından orijinallik, metodoloji, işlenen konunun önemi ve dergi kapsamı ile uyumluluğu açısından değerlendirilir. Editör, makalelerin adil bir şekilde çift taraflı kör hakemlikten geçmesini sağlar ve makale biçimsel esaslara uygun ise, gelen yazıyı yurtiçinden ve /veya yurtdışından en az iki hakemin değerlendirmesine sunar, hakemler gerek gördüğü takdirde yazıda istenen değişiklikler yazarlar tarafından yapıldıktan sonra yayınlanmasına onay verir.

### Açık Erişim İlkesi

Dergi açık erişimlidir ve derginin tüm içeriği okura ya da okurun dahil olduğu kuruma ücretsiz olarak sunulur. Okurlar, ticari amaç haricinde, yayıncı ya da yazardan izin almadan dergi makalelerinin tam metnini okuyabilir, indirebilir, kopyalayabilir, arayabilir ve link sağlayabilir. Bu BOAI açık erişim tanımıyla uyumludur.

Derginin açık erişimli makaleleri Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) olarak lisanslıdır.

### İşleme Ücreti

Derginin tüm giderleri İstanbul Üniversitesi tarafından karşılanmaktadır. Dergide makale yayını ve makale süreçlerinin yürütülmesi ücrete tabi değildir. Dergiye gönderilen ya da yayın için kabul edilen makaleler için işleme ücreti ya da gönderim ücreti alınmaz.

### Telif Hakkında

Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) olarak lisanslıdır. CC BY-NC 4.0 lisansı, eserin ticari kullanım dışında her boyut ve formatta paylaşılmasına, kopyalanmasına, çoğaltılmasına ve orijinal esere uygun şekilde atıfta bulunmak kaydıyla yeniden düzenleme, dönüştürme ve eserin üzerine inşa etme dâhil adapte edilmesine izin verir.

### Düzeltilme, Geri Çekme, Endişe İfadesi

Editörler, yayınlanan makalede, bulguları, yorumları ve sonuçları etkilemeyen küçük hatalar tespit edilirse düzeltme yayınlamayı düşünebilirler. Editörler, bulguları ve sonuçları geçersiz kılan büyük hatalar / ihlaller söz konusu olduğunda, makaleyi geri çekmeyi düşünmelidir.

Yazarlar tarafından araştırma veya yayını kötüye kullanmaya yönelik olasılık söz konusu ise; bulguların güvenilir olmadığına ve yazarların kurumlarının olayı soruşturmadığına dair kanıtlar var veya olası soruşturma haksız veya sonuçsuz görünüyorsa, editörler endişe ifadesi yayınlamayı düşünmelidir. Düzeltme, geri çekme veya endişe ifadesi ile ilgili olarak COPE ve ICJME yönergeleri dikkate alınır.

### Arşiv Politikası

Dergide yayınlanan tüm yazıların korunmasını ve kalıcı olarak erişilebilir olmasını sağlamak için makaleler, ulusal bir arşiv sitesi olarak hizmet veren ve aynı zamanda LOCKSS'in içeriği toplamasına, korumasına ve sunmasına izin veren Dergipark'ta saklanmaktadır.

Ek olarak, yazarların kendilerinin makalelerinin son PDF sürümünü Open Archives Initiative (<https://www.openarchives.org/>) standartlarına uygun açık elektronik arşivlerde arşivlemeleri önerilir. Yazarlar, yayınladıkları arşiv versiyonundan, İ.Ü. Yayınlarının dergi web sitesinin URL'sine bağlantı sağlamalıdır.

### Hakem Değerlendirme Politikaları

Daha önce yayınlanmamış ya da yayınlanmak üzere başka bir dergide halen değerlendirmede olmayan ve her bir yazar tarafından onaylanan makaleler değerlendirilmek üzere kabul edilir. Gönderilen ve ön kontrolü geçen makaleler iThenticate yazılımı kullanılarak intihal için taranır. İntihal kontrolünden sonra, uygun olan makaleler baş editör tarafından orijinallik, metodoloji, işlenen konunun önemi ve dergi kapsamı ile uyumluluğu açısından değerlendirilir.

Seçilen makaleler en az iki ulusal/uluslararası hakeme çift taraflı kör hakemlik ile değerlendirmeye gönderilir; yayın kararı, hakemlerin talepleri doğrultusunda yazarların gerçekleştirdiği düzenlemelerin ve hakem sürecinin sonrasında baş editör tarafından verilir.

### Editör ve Hakem Sorumlulukları

Baş editör, makaleleri, yazarların etnik kökeninden, cinsiyetinden, uyruğundan, dini inancından ve siyasi felsefesinden bağımsız olarak değerlendirirler. Yayına gönderilen makalelerin adil bir şekilde çift taraflı kör hakem değerlendirmesinden geçmelerini sağlar. Gönderilen makalelere ilişkin tüm bilginin, makale yayınlanana kadar gizli kalacağını garanti eder.

Baş editör içerik ve yayının toplam kalitesinden sorumludur. Gereğinde hata sayfası yayınlamalı ya da düzeltme yapmalıdır.

Baş editör; yazarlar, editörler ve hakemler arasında çıkar çatışmasına izin vermez. Hakem atama konusunda tam yetkiye sahiptir ve dergide yayınlanacak makalelerle ilgili nihai kararı vermekle yükümlüdür.

Hakemler, araştırma, yazarlar ve/veya araştırmaya fon sağlayanlarla çıkar çatışması içinde olmamalıdır. Hakemler değerlendirmelerinin sonucunda tarafsız bir yargıya varmalıdırlar. Gönderilmiş yazılara ilişkin tüm bilginin gizli tutulmasını sağlamalı ve yazar tarafında herhangi bir telif hakkı ihlali ve intihal fark ederlerse editöre raporlamalıdırlar.

Hakem, makale konusu hakkında kendini vasıflı hissetmiyor ya da zamanında geri dönüş sağlaması mümkün görünmüyorsa, editöre bu durumu bildirmeli ve hakem sürecine kendisini dahil etmemesini istemelidir.

Değerlendirme sürecinde editör hakemlere gözden geçirme için gönderilen makalelerin, yazarların özel mülkü olduğunu ve bunun imtiyazlı bir iletişim olduğunu açıkça belirtir. Hakemler ve yayın kurulu üyeleri başka kişilerle makaleleri tartışamazlar. Hakemlerin kimliğinin gizli kalmasına özen gösterilmelidir. Bazı durumlarda editörün kararıyla, ilgili hakemlerin makaleye ait yorumları aynı makaleyi yorumlayan diğer hakemlere gönderilerek hakemlerin bu süreçte aydınlatılması sağlanabilir.

### Hakem Süreci

Baş Editör, makaleleri, yazarların etnik kökeninden, cinsiyetinden, uyruğundan, dini inancından ve siyasi felsefesinden bağımsız olarak değerlendirir. Yayına gönderilen makalelerin adil bir şekilde çift taraflı kör hakem değerlendirmesinden geçmelerini sağlar.

Seçilen makaleler en az iki ulusal/uluslararası hakeme değerlendirmeye gönderilir; yayın kararı, hakemlerin talepleri doğrultusunda yazarların gerçekleştirdiği düzenlemelerin ve hakem sürecinin sonrasında baş editör tarafından verilir.

Baş editör; yazarlar, editörler ve hakemler arasında çıkar çatışmasına izin vermez. Hakem atama konusunda tam yetkiye sahiptir ve dergide yayınlanacak makalelerle ilgili nihai kararı vermekle yükümlüdür.

Hakemlerin değerlendirmeleri objektif olmalıdır. Hakem süreci sırasında hakemlerin aşağıdaki hususları dikkate alarak değerlendirmelerini yapmaları beklenir.

- Makale yeni ve önemli bir bilgi içeriyor mu?
- Öz, makalenin içeriğini net ve düzgün bir şekilde tanımlıyor mu?
- Yöntem bütünlüklü ve anlaşılır şekilde tanımlanmış mı?
- Yapılan yorum ve varılan sonuçlar bulgularla kanıtlanıyor mu?
- Alandaki diğer çalışmalara yeterli referans verilmiş mi?
- Dil kalitesi yeterli mi?

Hakemler, gönderilen makalelere ilişkin tüm bilginin, makale yayınlanana kadar gizli kalmasını sağlamalı ve yazar tarafında herhangi bir telif hakkı ihlali ve intihal fark ederlerse editöre raporlamalıdırlar.

Hakem, makale konusu hakkında kendini vasıflı hissetmiyor ya da zamanında geri dönüş sağlaması mümkün görünmüyorsa, editöre bu durumu bildirmeli ve hakem sürecine kendisini dahil etmemesini istemelidir.

Değerlendirme sürecinde editör hakemlere gözden geçirme için gönderilen makalelerin, yazarların özel mülkü olduğunu ve bunun imtiyazlı bir iletişim olduğunu açıkça belirtir. Hakemler ve yayın kurulu üyeleri başka kişilerle makaleleri tartışamazlar. Hakemlerin kimliğinin gizli kalmasına özen gösterilmelidir.



## YAYIN ETİĞİ VE İLKELER

EKOİST Journal of Econometrics and Statistics, yayın etiğinde en yüksek standartlara bağlıdır ve Committee on Publication Ethics (COPE), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA) ve World Association of Medical Editors (WAME) tarafından yayınlanan etik yayıncılık ilkelerini benimser; Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing başlığı altında ifade edilen ilkeler için adres: <https://publicationethics.org/resources/guidelines-new/principles-transparency-and-best-practice-scholarly-publishing>

Gönderilen tüm makaleler orijinal, yayınlanmamış ve başka bir dergide değerlendirme sürecinde olmamalıdır. Her bir makale editörlerden biri ve en az iki hakem tarafından çift kör değerlendirmeden geçirilir. İntihal, duplikasyon, sahte yazarlık/inkar edilen yazarlık, araştırma/veri fabrikasyonu, makale dilimleme, dilimleyerek yayın, telif hakları ihlali ve çıkar çatışmasının gizlenmesi, etik dışı davranışlar olarak kabul edilir.

Kabul edilen etik standartlara uygun olmayan tüm makaleler yayından çıkarılır. Buna yayından sonra tespit edilen olası kuraldışı, uygunsuzluklar içeren makaleler de dahildir.

## Araştırma Etiği

Dergi araştırma etiğinde en yüksek standartları gözetir ve aşağıda tanımlanan uluslararası araştırma etiği ilkelerini benimser. Makalelerin etik kurallara uygunluğu yazarların sorumluluğundadır.

- Araştırmanın tasarlanması, tasarımın gözden geçirilmesi ve araştırmanın yürütülmesinde, bütünlük, kalite ve şeffaflık ilkeleri sağlanmalıdır.
- Araştırma ekibi ve katılımcılar, araştırmanın amacı, yöntemleri ve öngörülen olası kullanımları; araştırmaya katılımın gerektirdikleri ve varsa riskleri hakkında tam olarak bilgilendirilmelidir.
- Araştırma katılımcılarının sağladığı bilgilerin gizliliği ve yanıt verenlerin gizliliği sağlanmalıdır. Araştırma katılımcıların özerkliğini ve saygınlığını koruyacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Araştırma katılımcıları gönüllü olarak araştırmada yer almalı, herhangi bir zorlama altında olmamalıdır.
- Katılımcıların zarar görmesinden kaçınılmalıdır. Araştırma, katılımcıları riske sokmayacak şekilde planlanmalıdır.
- Araştırma bağımsızlığıyla ilgili açık ve net olunmalı; çıkar çatışması varsa belirtilmelidir.
- Deneysel çalışmalarda, araştırmaya katılmaya karar veren katılımcıların yazılı bilgilendirilmiş onayı alınmalıdır. Çocukların ve vesayet altındakilerin veya tasdiklenmiş akıl hastalığı bulunanların yasal vasisinin onayı alınmalıdır.
- Çalışma herhangi bir kurum ya da kuruluşta gerçekleştirilecekse bu kurum ya da kuruluştan çalışma yapılacağına dair onay alınmalıdır.
- İnsan ögesi bulunan çalışmalarda, “yöntem” bölümünde katılımcılardan “bilgilendirilmiş onam” alındığının ve çalışmanın yapıldığı kurumdan etik kurul onayı alındığı belirtilmesi gerekir.

## Yazarların Sorumluluğu

Makalelerin bilimsel ve etik kurallara uygunluğu yazarların sorumluluğundadır. Yazar makalenin orijinal olduğu, daha önce başka bir yerde yayınlanmadığı ve başka bir yerde, başka bir dilde yayınlanmak üzere değerlendirmede olmadığı konusunda teminat sağlamalıdır. Uygulamadaki telif kanunları ve anlaşmaları gözetilmelidir. Telifte bağlı materyaller (örneğin tablolar, şekiller veya büyük alıntılar) gerekli izin ve teşekkürle kullanılmalıdır. Başka yazarların, katkıda bulunanların çalışmaları ya da yararlanılan kaynaklar uygun biçimde kullanılmalı ve referanslarda belirtilmelidir.

Gönderilen makalede tüm yazarların akademik ve bilimsel olarak doğrudan katkısı olmalıdır, bu bağlamda “yazar” yayınlanan bir araştırmanın kavramsallaştırılmasına ve dizaynına, verilerin elde edilmesine, analizine ya da yorumlanmasına belirgin katkı yapan, yazının yazılması ya da bunun içerik açısından eleştirel biçimde gözden geçirilmesinde görev yapan birisi olarak görülür. Yazar olabilmenin diğer koşulları ise, makaledeki çalışmayı planlamak veya icra etmek ve / veya revize etmektir. Fon sağlanması, veri toplanması ya da araştırma grubunun genel süpervizyonu tek başına yazarlık hakkı kazandırmaz. Yazar olarak gösterilen tüm bireyler sayılan tüm ölçütleri karşılamalıdır ve yukarıdaki ölçütleri karşılayan her birey yazar olarak gösterilebilir. Yazarların isim sıralaması ortak verilen bir karar olmalıdır. Tüm yazarlar yazar sıralamasını Telif Hakkı Anlaşması Formu’nda imzalı olarak belirtmek zorundadırlar.

Yazarlık için yeterli ölçütleri karşılamayan ancak çalışmaya katkısı olan tüm bireyler “teşekkür / bilgiler” kısmında sıralanmalıdır. Bunlara örnek olarak ise sadece teknik destek sağlayan, yazıma yardımcı olan ya da sadece genel bir destek sağlayan, finansal ve materyal desteği sunan kişiler verilebilir.

Bütün yazarlar, araştırmanın sonuçlarını ya da bilimsel değerlendirmeyi etkileyebilme potansiyeli olan finansal ilişkiler, çıkar çatışması ve çıkar rekabetini beyan etmelidirler. Bir yazar kendi yayınlanmış yazısında belirgin bir hata ya da yanlışlık tespit ederse, bu yanlışlıklara ilişkin düzeltme ya da geri çekme için editör ile hemen temasa geçme ve işbirliği yapma sorumluluğunu taşır.

### Editör ve Hakem Sorumlulukları

Baş editör, makaleleri, yazarların etnik kökeninden, cinsiyetinden, cinsel yöneliminden, uyruğundan, dini inancından ve siyasi felsefesinden bağımsız olarak değerlendirir. Yayına gönderilen makalelerin adil bir şekilde çift taraflı kör hakem değerlendirmesinden geçmelerini sağlar. Gönderilen makalelere ilişkin tüm bilginin, makale yayınlanana kadar gizli kalacağını garanti eder. Baş editör içerik ve yayının toplam kalitesinden sorumludur. Gereğinde hata sayfası yayınlamalı ya da düzeltme yapmalıdır.

Baş editör; yazarlar, editörler ve hakemler arasında çıkar çatışmasına izin vermez. Hakem atama konusunda tam yetkiye sahiptir ve Dergide yayınlanacak makalelerle ilgili nihai kararı vermekle yükümlüdür.

Hakemlerin araştırmayla ilgili, yazarlarla ve/veya araştırmanın finansal destekçileriyle çıkar çatışmaları olmamalıdır. Değerlendirmelerinin sonucunda tarafsız bir yargıya varmalıdırlar. Gönderilmiş yazılara ilişkin tüm bilginin gizli tutulmasını sağlamalı ve yazar tarafında herhangi bir telif hakkı ihlali ve intihal fark ederlerse editöre raporlamalıdırlar. Hakem, makale konusu hakkında kendini vasıflı hissetmiyor ya da zamanında geri dönüş sağlaması mümkün görünmüyorsa, editöre bu durumu bildirmeli ve hakem sürecine kendisini dahil etmemesini istemelidir.

Değerlendirme sürecinde editör hakemlere gözden geçirme için gönderilen makalelerin, yazarların özel mülkü olduğunu ve bunun imtiyazlı bir iletişim olduğunu açıkça belirtir. Hakemler ve yayın kurulu üyeleri başka kişilerle makaleleri tartışamazlar. Hakemlerin kimliğinin gizli kalmasına özen gösterilmelidir. Bazı durumlarda editörün kararıyla, ilgili hakemlerin makaleye ait yorumları aynı makaleyi yorumlayan diğer hakemlere gönderilerek hakemlerin bu süreçte aydınlatılması sağlanabilir.

### YAZILARIN HAZIRLANMASI

#### Dil

Derginin yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir.

#### Yazıların Hazırlanması ve Gönderimi

Aksi belirtilmedikçe gönderilen yazılarla ilgili tüm yazışmalar ilk yazarla yapılacaktır. Makale gönderimi online olarak ve <http://ekoist.istanbul.edu.tr> üzerinden yapılmalıdır. Gönderilen yazılar, yazının yayınlanmak üzere gönderildiğini ifade eden, makale türünü belirten ve makaleyle ilgili bilgileri içeren (bkz: Son Kontrol Listesi) bir mektup; yazının elektronik formunu içeren Microsoft Word 2003 ve üzerindeki versiyonları ile yazılmış elektronik dosya ve tüm yazarların imzaladığı *Telif Hakkı Anlaşması Formu* eklenerek gönderilmelidir.

1. Çalışmalar, A4 boyutundaki kağıdın bir yüzüne, üst, alt, sağ ve sol taraftan 2,5 cm. boşluk bırakılarak, 12 punto Times New Roman harf karakterleriyle ve 1,5 satır aralık ölçüsü ile hazırlanmalıdır.
2. Çalışmalar 4500 - 8500 sözcük arasında olmalı ve sayfa numaraları sayfanın altında ve ortada yer almalıdır.
3. Yazar/yazarların adları çalışmanın başlığının hemen altında sağa bitişik şekilde verilmelidir. Ayrıca yıldız dipnot şeklinde (\*) yazarın unvanı, kurumu ve e-posta adresi ve telefonu sayfanın en altında dipnotta belirtilmelidir.
4. Dergimize gönderilen Türkçe makalelerde Giriş bölümünden önce 200-250 sözcük arasında çalışmanın kapsamını, amacını, ulaşılan sonuçları ve kullanılan yöntemi kaydeden Türkçe ve İngilizce öz (abstract) ile Türkçe makalelerde 600-800 kelime içeren İngilizce genişletilmiş özet yer almalıdır. İngilizce makalelerde ise, yalnızca İngilizce öz (abstract) yer almalıdır. İngilizce ve Türkçe özlerin altında çalışmanın içeriğini temsil eden 3-5 İngilizce, 3-5 Türkçe anahtar kelime yer almalıdır.

5. Çalışmaların başlıca şu unsurları içermesi gerekmektedir: Başlık, Türkçe öz ve anahtar kelimeler; İngilizce başlık, İngilizce öz ve anahtar kelimeler; İngilizce genişletilmiş özet, ana metin bölümleri, son notlar ve kaynaklar.
6. Metin içi alıntılama ve kaynak gösterme için APA (American Psychological Association) kaynak sitilinin 6. versiyonu kullanılmalıdır. APA 6 stili hakkında bilgi için; <http://ekoist.istanbul.edu.tr/tr/content/yazarlara-bilgi/kaynaklar> sayfasını ziyaret edebilir veya Yazarlara Bilgi'nin Kaynaklar başlığı altında ilgili açıklama ve örnekleri inceleyebilirsiniz.
7. Çalışmalarda tablo, grafik ve şekil gibi göstergeler ancak çalışmanın takip edilebilmesi açısından gereklilik arz ettiği durumlarda, numaralandırılarak, tanımlayıcı bir başlık ile birlikte verilmelidir. Tablolara ait başlık üstte, Şekiller'e ait başlık altta yer almalıdır. Demografik özellikler gibi metin içinde verilebilecek veriler, ayrıca tablolar ile ifade edilmemelidir.
8. Yayınlanmak üzere gönderilen makale ile birlikte yazar bilgilerini içeren kapak sayfası gönderilmelidir. Kapak sayfasında, makalenin başlığı, yazar veya yazarların bağlı oldukları kurum ve unvanları, kendilerine ulaşılabilecek adresler, cep, iş ve faks numaraları ve e-posta adresleri yer almalıdır (bkz. Son Kontrol Listesi).
9. Kurallar dâhilinde dergimize yayınlanmak üzere gönderilen çalışmaların her türlü sorumluluğu yazar/yazarlarına aittir.
10. Dergi Yazı Kurulu ve hakem raporları doğrultusunda yazarlardan, metin üzerinde bazı düzeltmeler yapmaları istenebilir.
11. Yayınlanmasına karar verilen çalışmaların, yazar/yazarlarının her birine dergi gönderilir.
12. Dergiye gönderilen çalışmalar yayınlansın veya yayınlansın geri gönderilmez.

## KAYNAKLAR

Derleme yazıları okuyucular için bir konudaki kaynaklara ulaşmayı kolaylaştıran bir araç olsa da, her zaman orijinal çalışmayı doğru olarak yansıtmaz. Bu yüzden mümkün olduğunca yazarlar orijinal çalışmalarını kaynak göstermelidir. Öte yandan, bir konuda çok fazla sayıda orijinal çalışmanın kaynak gösterilmesi yer israfına neden olabilir. Birkaç anahtar orijinal çalışmanın kaynak gösterilmesi genelde uzun listelerle aynı işi görür. Ayrıca günümüzde kaynaklar elektronik versiyonlara eklenebilmekte ve okuyucular elektronik literatür taramalarıyla yayınlara kolaylıkla ulaşabilmektedir.

Kabul edilmiş ancak henüz sayıya dahil edilmemiş makaleler Early View olarak yayınlanır ve bu makalelere atıflar "advance online publication" şeklinde verilmelidir. Genel bir kaynaktan elde edilemeyecek temel bir konu olmadıkça "kişisel iletişimlere" atıfta bulunulmamalıdır. Eğer atıfta bulunulursa parantez içinde iletişim kurulan kişinin adı ve iletişimin tarihi belirtilmelidir. Bilimsel makaleler için yazarlar bu kaynaktan yazılı izin ve iletişimin doğruluğunu gösterir belge almalıdır. Kaynakların doğruluğundan yazar(lar) sorumludur. Tüm kaynaklar metinde belirtilmelidir. Kaynaklar alfabetik olarak sıralanmalıdır.

## Referans Stili ve Formatı

EKOİST Ekonometri ve İstatistik Dergisi, metin içi alıntılama ve kaynak gösterme için APA (American Psychological Association) kaynak sitilinin 6. edisyonunu benimser. APA 6. Edisyonu hakkında bilgi için:

- American Psychological Association. (2010). Publication manual of the American Psychological Association (6<sup>th</sup> ed.). Washington, DC: APA.
- <http://www.apastyle.org/>

## Metin İçinde Kaynak Gösterme

Kaynaklar metinde parantez içinde yazarların soyadı ve yayın tarihi yazılarak belirtilmelidir. Birden fazla kaynak gösterilecekse kaynaklar arasında (;) işareti kullanılmalıdır. Kaynaklar alfabetik olarak sıralanmalıdır.

**Örnekler:****Birden fazla kaynak;**

(Esin ve ark., 2002; Karasar 1995)

**Tek yazarlı kaynak;**

(Akyolcu, 2007)

**İki yazarlı kaynak;**

(Sayiner ve Demirci, 2007, s. 72)

**Üç, dört ve beş yazarlı kaynak;**

Metin içinde ilk kullanımda: (Ailen, Ciambune ve Welch, 2000, s. 12–13) Metin içinde tekrarlayan kullanımlarda:

(Ailen ve ark., 2000)

**Altı ve daha çok yazarlı kaynak;**

(Çavdar ve ark., 2003)

**Kaynaklar Bölümünde Kaynak Gösterme**

Kullanılan tüm kaynaklar metnin sonunda ayrı bir bölüm halinde yazar soyadlarına göre alfabetik olarak numaralandırılmadan verilmelidir.

**Kaynak yazımı ile ilgili örnekler aşağıda verilmiştir.****Kitap****a) Türkçe Kitap**Karasar, N. (1995). *Araştırmalarda rapor hazırlama* (8.bs). Ankara: 3A Eğitim Danışmanlık Ltd.**b) Türkçeye Çevrilmiş Kitap**Mucchielli, A. (1991). *Zihniyetler* (A. Kotil, Çev.). İstanbul: İletişim Yayınları.**c) Editörlü Kitap**Ören, T., Üney, T. ve Çölkesen, R. (Ed.). (2006). *Türkiye bilişim ansiklopedisi*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.**d) Çok Yazarlı Türkçe Kitap**Tonta, Y., Bitirim, Y. ve Sever, H. (2002). *Türkçe arama motorlarında performans değerlendirme*. Ankara: Total Bilişim.**e) İngilizce Kitap**Kamien R., & Kamien A. (2014). *Music: An appreciation*. New York, NY: McGraw-Hill Education.**f) İngilizce Kitap İçerisinde Bölüm**Bassett, C. (2006). Cultural studies and new media. In G. Hall & C. Birchall (Eds.), *New cultural studies: Adventures in theory* (pp. 220–237). Edinburgh, UK: Edinburgh University Press.**g) Türkçe Kitap İçerisinde Bölüm**Erkmen, T. (2012). Örgüt kültürü: Fonksiyonları, öğeleri, işletme yönetimi ve liderlikteki önemi. M. Zencirkıran (Ed.), *Örgüt sosyolojisi kitabı* içinde (s. 233–263). Bursa: Dora Basım Yayın.**h) Yayıncının ve Yazarın Kurum Olduğu Yayın**Türk Standartları Enstitüsü. (1974). *Adlandırma ilkeleri*. Ankara: Yazar.**Makale****a) Türkçe Makale**Mutlu, B. ve Savaşır, S. (2007). Çocuğu ameliyat sonrası yoğun bakımda olan ebeveynlerde stres nedenleri ve azaltma girişimleri. *İstanbul Üniversitesi Florence Nightingale Hemşirelik Dergisi*, 15(60), 179–182.**b) İngilizce Makale**de Cillia, R., Reisigl, M., & Wodak, R. (1999). The discursive construction of national identity. *Discourse and Society*, 10(2), 149–173. <http://dx.doi.org/10.1177/0957926599010002002>

**c) Yediden Fazla Yazarlı Makale**

Lal, H., Cunningham, A. L., Godeaux, O., Chlibek, R., Diez-Domingo, J., Hwang, S.-J. Heineman, T. C. (2015). Efficacy of an adjuvanted herpes zoster subunit vaccine in older adults. *New England Journal of Medicine*, 372, 2087–2096. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1501184>

**d) DOI'si Olmayan Online Edinilmiş Makale**

Al, U. ve Doğan, G. (2012). Hacettepe Üniversitesi Bilgi ve Belge Yönetimi Bölümü tezlerinin atıf analizi. *Türk Kütüphaneciliği*, 26, 349–369. Erişim adresi: <http://www.tk.org.tr/>

**e) DOI'si Olan Makale**

Turner, S. J. (2010). Website statistics 2.0: Using Google Analytics to measure library website effectiveness. *Technical Services Quarterly*, 27, 261–278. <http://dx.doi.org/10.1080/07317131003765910>

**f) Advance Online Olarak Yayınlanmış Makale**

Smith, J. A. (2010). Citing advance online publication: A review. *Journal of Psychology*. Advanceonline publication. <http://dx.doi.org/10.1037/a45d7867>

**g) Popüler Dergi Makalesi**

Semercioğlu, C. (2015, Haziran). Sıradanlığın rayihası. *Sabit Fikir*, 52, 38–39.

**Tez, Sunum, Bildiri****a) Türkçe Tezler**

Sarı, E. (2008). *Kültür kimlik ve politika: Mardin'de kültürlerarasılık*. (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

**b) Ticari Veritabanında Yer Alan Yüksek Lisans Ya da Doktora Tezi**

Van Brunt, D. (1997). *Networked consumer health information systems* (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses. (UMI No. 9943436)

**c) Kurumsal Veritabanında Yer Alan İngilizce Yüksek Lisans/Doktora Tezi**

Yaylalı-Yıldız, B. (2014). *University campuses as places of potential publicness: Exploring the political, social and cultural practices in Ege University* (Doctoral dissertation). Retrieved from: <http://library.iyte.edu.tr/tr/hizli-erisim/iyte-tez-portali>

**d) Web'de Yer Alan İngilizce Yüksek Lisans/Doktora Tezi**

Tonta, Y. A. (1992). *An analysis of search failures in online library catalogs* (Doctoral dissertation, University of California, Berkeley). Retrieved from <http://yunus.hacettepe.edu.tr/tonta/yayinlar/phd/ickapak.html>

**e) Dissertations Abstracts International'da Yer Alan Yüksek Lisans/Doktora Tezi**

Appelbaum, L. G. (2005). Three studies of human information processing: Texture amplification, motion representation, and figure-ground segregation. *Dissertation Abstracts International: Section B. Sciences and Engineering*, 65(10), 5428.

**f) Sempozyum Katkısı**

Krinsky-McHale, S. J., Zigman, W. B., & Silverman, W. (2012, August). Are neuropsychiatric symptoms markers of prodromal Alzheimer's disease in adults with Down syndrome? In W. B. Zigman (Chair), *Predictors of mild cognitive impairment, dementia, and mortality in adults with Down syndrome*. Symposium conducted at American Psychological Association meeting, Orlando, FL.

**g) Online Olarak Erişilen Konferans Bildiri Özeti**

Çınar, M., Doğan, D. ve Seferoğlu, S. S. (2015, Şubat). *Eğitimde dijital araçlar: Google sınıf uygulaması üzerine bir değerlendirme* [Öz]. Akademik Bilişim Konferansında sunulan bildiri, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir. Erişim adresi: <http://ab2015.anadolu.edu.tr/index.php?menu=5&submenu=27>

**h) Düzenli Olarak Online Yayınlanan Bildiriler**

Herculano-Houzel, S., Collins, C. E., Wong, P., Kaas, J. H., & Lent, R. (2008). The basic nonuniformity of the cerebral cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 12593–12598. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0805417105>

**i) Kitap Şeklinde Yayınlanan Bildiriler**

Schneider, R. (2013). Research data literacy. S. Kurbanoglu ve ark. (Ed.), *Communications in Computer and Information Science: Vol. 397. Worldwide Communalities and Challenges in Information Literacy Research and Practice*

içinde (s. 134–140). Cham, İsviçre: Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-03919-0>

**j) Kongre Bildirisi**

Çepni, S., Bacanak A. ve Özsevgeç T. (2001, Haziran). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının fen branşlarına karşı tutumları ile fen branşlarındaki başarılarının ilişkisi*. X. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi'nde sunulan bildiri, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu

**Diğer Kaynaklar**

**a) Gazete Yazısı**

Toker, Ç. (2015, 26 Haziran). 'Unutma' notları. *Cumhuriyet*, s. 13.

**b) Online Gazete Yazısı**

Tamer, M. (2015, 26 Haziran). E-ticaret hamle yapmak için tüketiciyi bekliyor. *Milliyet*. Erişim adresi: <http://www.milliyet>

**c) Web Page/Blog Post**

Bordwell, D. (2013, June 18). David Koepp: Making the world movie-sized [Web log post]. Retrieved from <http://www.davidbordwell.net/blog/page/27/>

**d) Online Ansiklopedi/Sözlük**

Bilgi mimarisi. (2014, 20 Aralık). Vikipedi içinde. Erişim adresi: [http://tr.wikipedia.org/wiki/Bilgi\\_mimarisi](http://tr.wikipedia.org/wiki/Bilgi_mimarisi)

Marcoux, A. (2008). Business ethics. In E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford encyclopedia of philosophy*. Retrieved from <http://plato.stanford.edu/entries/ethics-business/>

**e) Podcast**

Radyo ODTÜ (Yapımcı). (2015, 13 Nisan). *Modern sabahlar* [Podcast]. Erişim adresi: <http://www.radyoodtu.com.tr/>

**f) Bir Televizyon Dizisinden Tek Bir Bölüm**

Shore, D. (Senarist), Jackson, M. (Senarist) ve Bookstaver, S. (Yönetmen). (2012). Runaways [Televizyon dizisi bölümü]. D. Shore (Baş yapımcı), *House M.D.* içinde. New York, NY: Fox Broadcasting.

**g) Müzik Kaydı**

Say, F. (2009). Galata Kulesi. *İstanbul senfonisi* [CD] içinde. İstanbul: Ak Müzik.

**SON KONTROL LİSTESİ**

Aşağıdaki listede eksik olmadığından emin olun:

- Editöre mektup
  - Makalenin türü
  - Başka bir dergiye gönderilmemiş olduğu bilgisi
  - Sponsor veya ticari bir firma ile ilişkisi (varsa belirtiniz)
  - İstatistik kontrolünün yapıldığı (araştırma makaleleri için)
  - İngilizce yönünden kontrolünün yapıldığı
  - Yazarlara Bilgide detaylı olarak anlatılan dergi politikalarının gözden geçirildiği
  - Kaynakların APA6'ya göre belirtildiği
- Telif Hakkı Anlaşması Formu
- Daha önce basılmış ve telifle bağlı materyal (yazı-resim-tablo) kullanılmış ise izin belgesi
- Kapak sayfası
  - Makalenin türü
  - Makalenin Türkçe ve İngilizce başlığı
  - Yazarların ismi soyadı, unvanları ve bağlı oldukları kurumlar (üniversite ve fakülte bilgisinden sonra şehir ve ülke bilgisi de yer almalıdır), e-posta adresleri
  - Sorumlu yazarın e-posta adresi, açık yazışma adresi, iş telefonu, GSM, faks nosu
  - Tüm yazarların ORCID'leri
- Makale ana metni
  - Makalenin Türkçe ve İngilizce başlığı
  - Özetler: 200-250 kelime Türkçe ve 200-250 kelime İngilizce
  - Anahtar Kelimeler: 3-5 adet Türkçe ve 3-5 adet İngilizce
  - Makale Türkçe ise, 600-800 kelime İngilizce genişletilmiş özet (Extended Summary)
  - Makale ana metin bölümleri
  - Finansal destek (varsa belirtiniz)
  - Çıkar çatışması (varsa belirtiniz)
  - Teşekkür (varsa belirtiniz)
  - Kaynaklar
  - Tablolar-Resimler, Şekiller (başlık, tanım ve alt yazılarıyla)

## INFORMATION FOR AUTHORS

### Aim and Scope

EKOIST Journal of Econometrics and Statistics is published twice a year, every 6 months.

Our journal aims to publish high quality articles on the application of new econometric techniques, including economics and related topics, covering measurement, forecasting, testing, forecasting and policy analysis.

Appropriate interpretation of the results obtained by careful and rigorous application of econometric techniques is emphasized.

Emphasis should be stressed on economic content in articles.

EKOIST Journal of Econometrics and Statistics publishes high quality research, mainly in the fields of Econometrics, Statistics and operations research.

To provide an outlet for innovative, quantitative research in economics, which includes achievable techniques and can be easily repeated by other researchers.

All submissions are subject to a double blind review process.

EKOIST Journal of Econometrics and Statistics has been published as a “peer-reviewed journal” every six months since 2005.

The language of the journal is English and Turkish.

Contributions that introduce statistical methods that are applicable to a variety of economic problems are actively encouraged.

### Publication Policy

The journal is committed to upholding the highest standards of publication ethics and pays regard to Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing published by the Committee on Publication Ethics (COPE), the Directory of Open Access Journals (DOAJ), the Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA), and the World Association of Medical Editors (WAME) on <https://publicationethics.org/resources/guidelines-new/principles-transparency-and-best-practice-scholarly-publishing>

The subjects covered in the manuscripts submitted to the Journal for publication must be in accordance with the aim and scope of the Journal. Only those manuscripts approved by every individual author and that were not published before in or sent to another journal, are accepted for evaluation.

Changing the name of an author (omission, addition or order) in papers submitted to the Journal requires written permission of all declared authors.

Plagiarism, duplication, fraud authorship/denied authorship, research/data fabrication, salami slicing/salami publication, breaching of copyrights, prevailing conflict of interest are unethical behaviors. All manuscripts not in accordance with the accepted ethical standards will be removed from the publication. This also contains any possible malpractice discovered after the publication.

### Plagiarism

Submitted manuscripts that pass preliminary control are scanned for plagiarism using iThenticate software. If plagiarism/self-plagiarism will be found authors will be informed. Editors may resubmit manuscript for similarity check at any peer-review or production stage if required. High similarity scores may lead to rejection of a manuscript before and even after acceptance. Depending on the type of article and the percentage of similarity score taken from each article, the overall similarity score is generally expected to be less than 15 or 20%.



**Double Blind Peer-Review**

After plagiarism check, the eligible ones are evaluated by the editors-in-chief for their originality, methodology, the importance of the subject covered and compliance with the journal scope. The editor provides a fair double-blind peer review of the submitted articles and hands over the papers matching the formal rules to at least two national/international referees for evaluation and gives green light for publication upon modification by the authors in accordance with the referees' claims.

**Open Access Statement**

The journal is an open access journal and all content is freely available without charge to the user or his/her institution. Except for commercial purposes, users are allowed to read, download, copy, print, search, or link to the full texts of the articles in this journal without asking prior permission from the publisher or the author. This is in accordance with the BOAI definition of open access.

The open access articles in the journal are licensed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license.

**Article Processing Charge**

All expenses of the journal are covered by the Istanbul University. Processing and publication are free of charge with the journal. There is no article processing charges or submission fees for any submitted or accepted articles.

**Copyright Notice**

Authors publishing with the journal retain the copyright to their work licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (CC BY-NC 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) and grant the Publisher non-exclusive commercial right to publish the work. CC BY-NC 4.0 license permits unrestricted, non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Correction, Retraction, Expression of Concern**

Editor should consider publishing correction if minor errors that do not effect the results, interpretations and conclusions of the published paper are detected. Editor should consider retraction if major errors and/or misconduct that invalidate results and conclusions are detected.

Editor should consider issuing an expression of concern if there is evidence of research or publication misconduct by the authors; there is evidence that the findings are not reliable and institutions of the authors do not investigate the case or the possible investigation seems to be unfair or nonconclusive.

The guidelines of COPE and ICJME are taken into consideration regarding correction, retractions or expression of concern.

**Archiving Policy**

To guarantee that all papers published in the journal are maintained and permanently accessible, articles are stored in Dergipark which serves as a national archival web site and at the same time permits LOCKSS to collect, preserve, and serve the content.

Additionally, authors are encouraged to self-archive the final PDF version of their articles in open electronic archives with that conform to standards of Open Archives Initiative (<https://www.openarchives.org/>). Authors should provide a link from the deposited version to the URL of IUPress journal website.

**Peer Review Policies**

Only those manuscripts approved by its every individual author and that were not published before in or sent to another journal, are accepted for evaluation.

Submitted manuscripts that pass preliminary control are scanned for plagiarism using iThenticate software. After plagiarism check, the eligible ones are evaluated by editor-in-chief for their originality, methodology, the importance of the subject covered and compliance with the journal scope.

The editor hands over the papers matching the formal rules to at least two national/international referees for double-blind peer review evaluation and gives green light for publication upon modification by the authors in accordance with the referees' claims.

### **Responsibility for the Editor and Reviewers**

Editor-in-Chief evaluates manuscripts for their scientific content without regard to ethnic origin, gender, sexual orientation, citizenship, religious belief or political philosophy of the authors. He/She provides a fair double-blind peer review of the submitted articles for publication and ensures that all the information related to submitted manuscripts is kept as confidential before publishing.

Editor-in-Chief is responsible for the contents and overall quality of the publication. He/She must publish errata pages or make corrections when needed.

Editor-in-Chief does not allow any conflicts of interest between the authors, editors and reviewers. Only he has the full authority to assign a reviewer and is responsible for final decision for publication of the manuscripts in the Journal.

Reviewers must have no conflict of interest with respect to the research, the authors and/or the research funders. Their judgments must be objective.

Reviewers must ensure that all the information related to submitted manuscripts is kept as confidential and must report to the editor if they are aware of copyright infringement and plagiarism on the author's side.

A reviewer who feels unqualified to review the topic of a manuscript or knows that its prompt review will be impossible should notify the editor and excuse himself from the review process.

The editor informs the reviewers that the manuscripts are confidential information and that this is a privileged interaction. The reviewers and editorial board cannot discuss the manuscripts with other persons. The anonymity of the referees must be ensured. In particular situations, the editor may share the review of one reviewer with other reviewers to clarify a particular point.

### **Peer Review Process**

Submitted manuscripts that pass preliminary control are scanned for plagiarism using iThenticate software. After plagiarism check, the eligible ones are evaluated by Editor-in-Chief for their originality, methodology, the importance of the subject covered and compliance with the journal scope. Editor-in-Chief evaluates manuscripts for their scientific content without regard to ethnic origin, gender, sexual orientation, citizenship, religious belief or political philosophy of the authors and ensures a fair double-blind peer review of the selected manuscripts.

The selected manuscripts are sent to at least two national/international external referees for evaluation and publication decision is given by Editor-in-Chief upon modification by the authors in accordance with the referees' claims.

Editor-in-Chief does not allow any conflicts of interest between the authors, editors and reviewers and is responsible for final decision for publication of the manuscripts in the Journal.

Reviewers' judgments must be objective. Reviewers' comments on the following aspects are expected while conducting the review.

- Does the manuscript contain new and significant information?
- Does the abstract clearly and accurately describe the content of the manuscript?
- Is the problem significant and concisely stated?
- Are the methods described comprehensively?
- Are the interpretations and conclusions justified by the results?
- Is adequate references made to other Works in the field?
- Is the language acceptable?

Reviewers must ensure that all the information related to submitted manuscripts is kept as confidential and must report to the editor if they are aware of copyright infringement and plagiarism on the author's side.

A reviewer who feels unqualified to review the topic of a manuscript or knows that its prompt review will be impossible should notify the editor and excuse himself from the review process.

The editor informs the reviewers that the manuscripts are confidential information and that this is a privileged interaction. The reviewers and editorial board cannot discuss the manuscripts with other persons. The anonymity of the referees is important.

### **Publication Ethics and Malpractice Statement**

EKOIST Journal of Econometrics and Statistics is committed to upholding the highest standards of publication ethics and pays regard to Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing published by the Committee on Publication Ethics (COPE), the Directory of Open Access Journals (DOAJ), the Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA), and the World Association of Medical Editors (WAME) on <https://publicationethics.org/resources/guidelines-new/principles-transparency-and-best-practice-scholarly-publishing>

All parties involved in the publishing process (Editors, Reviewers, Authors and Publishers) are expected to agree on the following ethical principles.

All submissions must be original, unpublished (including as full text in conference proceedings), and not under the review of any other publication synchronously. Each manuscript is reviewed by one of the editors and at least two referees under double-blind peer review process. Plagiarism, duplication, fraud authorship/denied authorship, research/data fabrication, salami slicing/salami publication, breaching of copyrights, prevailing conflict of interest are unethical behaviors.

All manuscripts not in accordance with the accepted ethical standards will be removed from the publication. This also contains any possible malpractice discovered after the publication. In accordance with the code of conduct we will report any cases of suspected plagiarism or duplicate publishing.

### **Research Ethics**

The journal adheres to the highest standards in research ethics and follows the principles of international research ethics as defined below. The authors are responsible for the compliance of the manuscripts with the ethical rules.

- Principles of integrity, quality and transparency should be sustained in designing the research, reviewing the design and conducting the research.
- The research team and participants should be fully informed about the aim, methods, possible uses and requirements of the research and risks of participation in research.
- The confidentiality of the information provided by the research participants and the confidentiality of the respondents should be ensured. The research should be designed to protect the autonomy and dignity of the participants.
- Research participants should participate in the research voluntarily, not under any coercion.
- Any possible harm to participants must be avoided. The research should be planned in such a way that the participants are not at risk.
- The independence of research must be clear; and any conflict of interest or must be disclosed.
- In experimental studies with human subjects, written informed consent of the participants who decide to participate in the research must be obtained. In the case of children and those under wardship or with confirmed insanity, legal custodian's assent must be obtained.
- If the study is to be carried out in any institution or organization, approval must be obtained from this institution or organization.
- In studies with human subject, it must be noted in the method's section of the manuscript that the informed consent of the participants and ethics committee approval from the institution where the study has been conducted have been obtained.

### Author Responsibilities

It is authors' responsibility to ensure that the article is in accordance with scientific and ethical standards and rules. And authors must ensure that submitted work is original. They must certify that the manuscript has not previously been published elsewhere or is not currently being considered for publication elsewhere, in any language. Applicable copyright laws and conventions must be followed. Copyright material (e.g. tables, figures or extensive quotations) must be reproduced only with appropriate permission and acknowledgement. Any work or words of other authors, contributors, or sources must be appropriately credited and referenced.

All the authors of a submitted manuscript must have direct scientific and academic contribution to the manuscript. The author(s) of the original research articles is defined as a person who is significantly involved in "conceptualization and design of the study", "collecting the data", "analyzing the data", "writing the manuscript", "reviewing the manuscript with a critical perspective" and "planning/conducting the study of the manuscript and/or revising it". Fund raising, data collection or supervision of the research group are not sufficient roles to be accepted as an author. The author(s) must meet all these criteria described above. The order of names in the author list of an article must be a co-decision and it must be indicated in the Copyright Agreement Form. The individuals who do not meet the authorship criteria but contributed to the study must take place in the acknowledgement section. Individuals providing technical support, assisting writing, providing a general support, providing material or financial support are examples to be indicated in acknowledgement section.

All authors must disclose all issues concerning financial relationship, conflict of interest, and competing interest that may potentially influence the results of the research or scientific judgment.

When an author discovers a significant error or inaccuracy in his/her own published paper, it is the author's obligation to promptly cooperate with the Editor to provide retractions or corrections of mistakes.

### Responsibility for the Editor and Reviewers

Editor-in-Chief evaluates manuscripts for their scientific content without regard to ethnic origin, gender, sexual orientation, citizenship, religious belief or political philosophy of the authors. He/She provides a fair double-blind peer review of the submitted articles for publication and ensures that all the information related to submitted manuscripts is kept as confidential before publishing.

Editor-in-Chief is responsible for the contents and overall quality of the publication. He/She must publish errata pages or make corrections when needed.

Editor-in-Chief does not allow any conflicts of interest between the authors, editors and reviewers. Only he has the full authority to assign a reviewer and is responsible for final decision for publication of the manuscripts in the Journal.

Reviewers must have no conflict of interest with respect to the research, the authors and/or the research funders. Their judgments must be objective.

Reviewers must ensure that all the information related to submitted manuscripts is kept as confidential and must report to the editor if they are aware of copyright infringement and plagiarism on the author's side.

A reviewer who feels unqualified to review the topic of a manuscript or knows that its prompt review will be impossible should notify the editor and excuse himself from the review process.

The editor informs the reviewers that the manuscripts are confidential information and that this is a privileged interaction. The reviewers and editorial board cannot discuss the manuscripts with other persons. The anonymity of the referees must be ensured. In particular situations, the editor may share the review of one reviewer with other reviewers to clarify a particular point.

## MANUSCRIPT SUBMISSION GUIDE

### Language

The language of the journal is both Turkish and English.

### Manuscript Organization and Submission

All correspondence will be sent to the first-named author unless otherwise specified. Manuscript is to be submitted online via <http://ekoist.istanbul.edu.tr> and it must be accompanied by a cover letter indicating that the manuscript is intended for publication, specifying the article category (i.e. research article, review etc.) and including information about the manuscript (see the Submission Checklist). Manuscripts should be prepared in Microsoft Word 2003 and upper versions. In addition, Copyright Agreement Form that has to be signed by all authors must be submitted.

1. The manuscripts should be in A4 paper standards: having 2.5 cm margins from right, left, bottom and top, Times New Roman font style in 12 font size and line spacing of 1.5.
2. The manuscripts should contain between 4500 and 8500 words and the page numbers must be at the bottom and in the middle.
3. The name(s) of author(s) should be given just beneath the title of the study aligned to the right. Also the affiliation, title, e-mail and phone of the author(s) must be indicated on the bottom of the page as a footnote marked with an asterisk (\*).
4. Submitted manuscripts in Turkish must have before the introduction section, the abstract both in Turkish and English, between 200 and 250 words and an extended abstract in English between 600-800 words, summarizing the scope, the purpose, the results of the study and the methodology used. Underneath the abstracts, 3 to 5 keywords that inform the reader about the content of the study should be specified in Turkish and in English. If the manuscript is written in English, it must include an abstract only in English.
5. The manuscripts should contain mainly these components: title, abstract and keywords; extended abstract, body text with sections, footnotes and references.
6. The 6<sup>th</sup> version of the APA (American Psychological Association) reference style should be used for in-text citation and references list. For information and samples on the APA 6 style please refer to <http://ekoist.istanbul.edu.tr/en/content/information-for-authors/references> and/or REFERENCES section in the Information for Authors.
7. Tables, graphs and figures can be given with a number and a defining title if and only if it is necessary to follow the idea of the article. The title of table should be placed above the table; caption of figure should be placed beneath the figure. Features like demographic characteristics that can be given within the text should not be indicated as tables separately.
8. A title page including author information must be submitted together with the manuscript. The title page is to include fully descriptive title of the manuscript and, affiliation, title, e-mail address, postal address, phone and fax number of the author(s) (see The Submission Checklist).
9. Authors are responsible for all statements made in their work submitted to the Journal for publication.
10. The author(s) can be asked to make some changes in their articles due to peer reviews.
11. A copy of the journal will be sent to each author of the accepted articles upon their request.
12. The manuscripts that were submitted to the journal will not be returned whether they are published or not.

### REFERENCES

Although references to review articles can be an efficient way to guide readers to a body of literature, review articles do not always reflect original work accurately. Readers should therefore be provided with direct references to original research sources whenever possible. On the other hand, extensive lists of references to original work on a topic can use excessive space on the printed page. Small numbers of references to key original papers often serve as well as more exhaustive lists, particularly since references can now be added to the electronic version of published papers,

and since electronic literature searching allows readers to retrieve published literature efficiently. Papers accepted but not yet included in the issue are published online in the Early View section and they should be cited as “advance online publication”. Citing a “personal communication” should be avoided unless it provides essential information not available from a public source, in which case the name of the person and date of communication should be cited in parentheses in the text. For scientific articles, written permission and confirmation of accuracy from the source of a personal communication must be obtained.

### Reference Style and Format

EKOIST: Journal of Econometrics and Statistics complies with APA (American Psychological Association) style 6<sup>th</sup> Edition for referencing and quoting. For more information:

- - American Psychological Association. (2010). Publication manual of the American Psychological Association (6<sup>th</sup> ed.). Washington, DC: APA.
- <http://www.apastyle.org>

### Citations in the Text

Citations must be indicated with the author surname and publication year within the parenthesis.

If more than one citation is made within the same parenthesis, separate them with (;).

### Samples:

#### *More than one citation;*

(Esin, et al., 2002; Karasar, 1995)

#### *Citation with one author;*

(Akyolcu, 2007)

#### *Citation with two authors;*

(Sayiner & Demirci, 2007)

#### *Citation with three, four, five authors;*

First citation in the text: (Ailen, Ciambrune, & Welch, 2000) Subsequent citations in the text: (Ailen, et al., 2000)

#### *Citations with more than six authors;*

(Çavdar, et al., 2003)

### Citations in the Reference

All the citations done in the text should be listed in the References section in alphabetical order of author surname without numbering. Below given examples should be considered in citing the references.

### Basic Reference Types

#### Book

##### *a) Turkish Book*

Karasar, N. (1995). *Araştırmalarda rapor hazırlama* (8<sup>th</sup> ed.) [Preparing research reports]. Ankara, Turkey: 3A Eğitim Danışmanlık Ltd.

##### *b) Book Translated into Turkish*

Mucchielli, A. (1991). *Zihniyetler* [Mindsets] (A. Kotil, Trans.). İstanbul, Turkey: İletişim Yayınları.

##### *c) Edited Book*

Ören, T., Üney, T., & Çölkesen, R. (Eds.). (2006). *Türkiye bilişim ansiklopedisi* [Turkish Encyclopedia of Informatics]. İstanbul, Turkey: Papatya Yayıncılık.

**d) Turkish Book with Multiple Authors**

Tonta, Y., Bitirim, Y., & Sever, H. (2002). *Türkçe arama motorlarında performans değerlendirme* [Performance evaluation in Turkish search engines]. Ankara, Turkey: Total Bilişim.

**e) Book in English**

Kamien R., & Kamien A. (2014). *Music: An appreciation*. New York, NY: McGraw-Hill Education.

**f) Chapter in an Edited Book**

Bassett, C. (2006). Cultural studies and new media. In G. Hall & C. Birchall (Eds.), *New cultural studies: Adventures in theory* (pp. 220–237). Edinburgh, UK: Edinburgh University Press.

**g) Chapter in an Edited Book in Turkish**

Erkmen, T. (2012). Örgüt kültürü: Fonksiyonları, öğeleri, işletme yönetimi ve liderlikteki önemi [Organization culture: Its functions, elements and importance in leadership and business management]. In M. Zencirkıran (Ed.), *Örgüt sosyolojisi* [Organization sociology] (pp. 233–263). Bursa, Turkey: Dora Basım Yayın.

**h) Book with the same organization as author and publisher**

American Psychological Association. (2009). *Publication manual of the American psychological association* (6<sup>th</sup> ed.). Washington, DC: Author.

**Article****a) Turkish Article**

Mutlu, B., & Savaşer, S. (2007). Çocuğu ameliyat sonrası yoğun bakımda olan ebeveynlerde stres nedenleri ve azaltma girişimleri [Source and intervention reduction of stress for parents whose children are in intensive care unit after surgery]. *Istanbul University Florence Nightingale Journal of Nursing*, 15(60), 179–182.

**b) English Article**

de Cillia, R., Reisigl, M., & Wodak, R. (1999). The discursive construction of national identity. *Discourse and Society*, 10(2), 149–173. <http://dx.doi.org/10.1177/0957926599010002002>

**c) Journal Article with DOI and More Than Seven Authors**

Lal, H., Cunningham, A. L., Godeaux, O., Chlibek, R., Diez-Domingo, J., Hwang, S.-J. Heineman, T. C. (2015). Efficacy of an adjuvanted herpes zoster subunit vaccine in older adults. *New England Journal of Medicine*, 372, 2087–2096. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1501184>

**d) Journal Article from Web, without DOI**

Sidani, S. (2003). Enhancing the evaluation of nursing care effectiveness. *Canadian Journal of Nursing Research*, 35(3), 26–38. Retrieved from <http://cjr.mcgill.ca>

**e) Journal Article with DOI**

Turner, S. J. (2010). Website statistics 2.0: Using Google Analytics to measure library website effectiveness. *Technical Services Quarterly*, 27, 261–278. <http://dx.doi.org/10.1080/07317131003765910>

**f) Advance Online Publication**

Smith, J. A. (2010). Citing advance online publication: A review. *Journal of Psychology*. Advance online publication. <http://dx.doi.org/10.1037/a45d7867>

**g) Article in a Magazine**

Henry, W. A., III. (1990, April 9). Making the grade in today's schools. *Time*, 135, 28–31.

**Doctoral Dissertation, Master's Thesis, Presentation, Proceeding****a) Dissertation/Thesis from a Commercial Database**

Van Brunt, D. (1997). *Networked consumer health information systems* (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 9943436)

**b) Dissertation/Thesis from an Institutional Database**

Yaylalı-Yıldız, B. (2014). *University campuses as places of potential publicness: Exploring the political, social and cultural practices in Ege University* (Doctoral dissertation). Retrieved from Retrieved from: <http://library.iyte.edu.tr/tr/hizli-erisim/iyte-tez-portali>

**c) Dissertation/Thesis from Web**

Tonta, Y. A. (1992). *An analysis of search failures in online library catalogs* (Doctoral dissertation, University of California, Berkeley). Retrieved from <http://yunus.hacettepe.edu.tr/tonta/yayinlar/phd/ickapak.html>

**d) Dissertation/Thesis abstracted in Dissertations Abstracts International**

Appelbaum, L. G. (2005). Three studies of human information processing: Texture amplification, motion representation, and figure-ground segregation. *Dissertation Abstracts International: Section B. Sciences and Engineering*, 65(10), 5428.

**e) Symposium Contribution**

Krinsky-McHale, S. J., Zigman, W. B., & Silverman, W. (2012, August). Are neuropsychiatric symptoms markers of prodromal Alzheimer's disease in adults with Down syndrome? In W. B. Zigman (Chair), *Predictors of mild cognitive impairment, dementia, and mortality in adults with Down syndrome*. Symposium conducted at the meeting of the American Psychological Association, Orlando, FL.

**f) Conference Paper Abstract Retrieved Online**

Liu, S. (2005, May). *Defending against business crises with the help of intelligent agent based early warning solutions*. Paper presented at the Seventh International Conference on Enterprise Information Systems, Miami, FL. Abstract retrieved from [http://www.iceis.org/iceis2005/abstracts\\_2005.htm](http://www.iceis.org/iceis2005/abstracts_2005.htm)

**g) Conference Paper - In Regularly Published Proceedings and Retrieved Online**

Herculano-Houzel, S., Collins, C. E., Wong, P., Kaas, J. H., & Lent, R. (2008). The basic nonuniformity of the cerebral cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 12593–12598. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0805417105>

**h) Proceeding in Book Form**

Parsons, O. A., Pryzwansky, W. B., Weinstein, D. J., & Wiens, A. N. (1995). Taxonomy for psychology. In J. N. Reich, H. Sands, & A. N. Wiens (Eds.), *Education and training beyond the doctoral degree: Proceedings of the American Psychological Association National Conference on Postdoctoral Education and Training in Psychology* (pp. 45–50). Washington, DC: American Psychological Association.

**i) Paper Presentation**

Nguyen, C. A. (2012, August). *Humor and deception in advertising: When laughter may not be the best medicine*. Paper presented at the meeting of the American Psychological Association, Orlando, FL.

**Other Sources****a) Newspaper Article**

Browne, R. (2010, March 21). This brainless patient is no dummy. *Sydney Morning Herald*, 45.

**b) Newspaper Article with no Author**

New drug appears to sharply cut risk of death from heart failure. (1993, July 15). *The Washington Post*, p. A12.

**c) Web Page/Blog Post**

Bordwell, D. (2013, June 18). David Koepf: Making the world movie-sized [Web log post]. Retrieved from <http://www.davidbordwell.net/blog/page/27/>

**d) Online Encyclopedia/Dictionary**

Ignition. (1989). In *Oxford English online dictionary* (2<sup>nd</sup> ed.). Retrieved from <http://dictionary.oed.com>

Marcoux, A. (2008). Business ethics. In E. N. Zalta (Ed.). *The Stanford encyclopedia of philosophy*. Retrieved from <http://plato.stanford.edu/entries/ethics-business/>

**e) Podcast**

Dunning, B. (Producer). (2011, January 12). *in Fact: Conspiracy theories* [Video podcast]. Retrieved from <http://itunes.apple.com/>

**f) Single Episode in a Television Series**

Egan, D. (Writer), & Alexander, J. (Director). (2005). Failure to communicate. [Television series episode]. In D. Shore (Executive producer), *House*; New York, NY: Fox Broadcasting.

**g) Music**

Fuchs, G. (2004). Light the menorah. On *Eight nights of Hanukkah* [CD]. Brick, NJ: Kid Kosher.



**SUBMISSION CHECKLIST**

Ensure that the following items are present:

- Cover letter to the editor
  - The category of the manuscript
  - Confirming that “the paper is not under consideration for publication in another journal”.
  - Including disclosure of any commercial or financial involvement.
  - Confirming that the statistical design of the research article is reviewed.
  - Confirming that last control for fluent English was done.
  - Confirming that journal policies detailed in Information for Authors have been reviewed.
  - Confirming that the references cited in the text and listed in the references section are in line with APA 6.
- Copyright Agreement Form
- Permission of previously published copyrighted material if used in the present manuscript
- Title page
  - The category of the manuscript
  - The title of the manuscript
  - All authors’ names and affiliations (institution, faculty/department, city, country), e-mail addresses
  - Corresponding author’s email address, full postal address, telephone and fax number
  - ORCID’s of all authors.
- Main Manuscript Document
  - The title of the manuscript
  - Abstract (200-250 words)
  - Key words: 3 to 5 words
  - Main article sections
  - Grant support (if exists)
  - Conflict of interest (if exists)
  - Acknowledgement (if exists)
  - References
  - All tables, illustrations (figures) (including title, description, footnotes)


**İstanbul Üniversitesi**  
 İstanbul University

**EKOIST: Ekonometri ve İstatistik Dergisi**  
 EKOIST Journal of Econometrics and Statistics

**Telif Hakkı Anlaşması Formu**  
 Copyright Agreement Form

<b>Sorumlu yazar</b> <i>Responsible/Corresponding author</i>	
<b>Makalenin başlığı</b> <i>Title of manuscript</i>	
<b>Kabul Tarihi</b> <i>Acceptance date</i>	
<b>Yazarların listesi</b> <i>List of authors</i>	

Sıra No	Adı-Soyadı Name - Surname	E-Posta E-mail	İmza Signature	Tarih Date
1				
2				
3				
4				
5				

**Makalenin türü (Araştırma makalesi, Derleme, v.b.)**  
*Manuscript Type (Research Article, Review, etc.)*
**Sorumlu yazarın,**  
*Responsible/Corresponding author's,*

<b>Çalıştığı kurum</b>	<i>(University/company/institution)</i>	
<b>Posta adresi</b>	<i>(Address)</i>	
<b>e-posta</b>	<i>(e-mail)</i>	
<b>Telefon no; GSM</b>	<i>(Phone / mobile phone)</i>	

**Yazar(lar) aşağıdaki hususları kabul eder:**

Sunulan makalenin yazar(lar)ın orijinal çalışması olduğunu ve intihal yapmadıklarını,  
 Tüm yazarların bu çalışmaya asli olarak katılmış olduklarını ve bu çalışma için her türlü sorumluluğu aldıklarını,  
 Tüm yazarların sunulan makalenin son halini gördüklerini ve onayladıklarını,  
 Makalenin başka bir yerde basılmadığını veya basılmak için sunulmadığını,  
 Makalede bulunan metnin, şekillerin ve dokümanların diğer şahıslara ait olan Telif Haklarını ihlal etmediğini kabul ve taahhüt ederler.  
 İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ'nin bu fikri eseri, Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) lisansı ile yayınlamasına izin verirler.  
 Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) lisansı, eserin ticari kullanım dışında her boyut ve formatta paylaşılmasına, kopyalanmasına, çoğaltılmasına ve orijinal esere uygun şekilde atıfta bulunmak kaydıyla yeniden düzenleme, dönüştürme ve eserin üzerine inşa etme dâhil adapte edilmesine izin verir.  
 Yazar(lar)ın veya varsa yazar(lar)ın işverenin telif dâhil patent hakları, fikri mülkiyet hakları saklıdır.  
 Ben/Biz, telif hakkı ihlali nedeniyle üçüncü şahıslara vuku bulacak hak talebi veya açılacak davalarda İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ve Dergi Editörlerinin hiçbir sorumluluğunun olmadığını, tüm sorumluluğun yazarlara ait olduğunu taahhüt ederim/ederiz.  
 Ayrıca Ben/Biz makalede hiçbir suç unsuru veya kanuna aykırı ifade bulunmadığını, araştırma yapılırken kanuna aykırı herhangi bir malzeme ve yöntem kullanılmadığını taahhüt ederim/ederiz.  
 Bu Telif Hakkı Anlaşması Formu tüm yazarlar tarafından imzalanmalıdır/onaylanmalıdır. Form farklı kurumlarda bulunan yazarlar tarafından ayrı kopyalar halinde doldurularak sunulabilir. Ancak, tüm imzaların orijinal veya kanıtlanabilir şekilde onaylı olması gerekir.

**The author(s) agrees that:**

The manuscript submitted is his/her/their own original work and has not been plagiarized from any prior work,  
 all authors participated in the work in a substantive way and are prepared to take public responsibility for the work,  
 all authors have seen and approved the manuscript as submitted,  
 the manuscript has not been published and is not being submitted or considered for publication elsewhere,  
 the text, illustrations, and any other materials included in the manuscript do not infringe upon any existing copyright or other rights of anyone.  
 İSTANBUL UNIVERSITY will publish the content under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license that gives permission to copy and redistribute the material in any medium or format other than commercial purposes as well as remix, transform and build upon the material by providing appropriate credit to the original work.  
 The Contributor(s) or, if applicable the Contributor's Employer, retain(s) all proprietary rights in addition to copyright, patent rights.  
 I/We indemnify İSTANBUL UNIVERSITY and the Editors of the Journals, and hold them harmless from any loss, expense or damage occasioned by a claim or suit by a third party for copyright infringement, or any suit arising out of any breach of the foregoing warranties as a result of publication of my/our article. I/We also warrant that the article contains no libelous or unlawful statements and does not contain material or instructions that might cause harm or injury.  
 This Copyright Agreement Form must be signed/ratified by all authors. Separate copies of the form (completed in full) may be submitted by authors located at different institutions; however, all signatures must be original and authenticated.

<b>Sorumlu yazarın;</b> <i>Responsible/Corresponding author's;</i>	<b>İmza/Signature</b>	<b>Tarih/Date</b>
		...../...../.....