

**EKOIST Journal of
Econometrics and
Statistics**

Dizinler / Indexing and Abstracting

Web of Science – Emerging Sources Citation Index (ESCI)

TÜBİTAK-ULAKBİM TR Dizin

ProQuest Central

DOAJ

ERIH PLUS

RePEc IDEAS

RePEc EconPapers

Cabells Journalytics

SOBIAD

Gale Cengage

Sahibi / Owner

Doç. Dr. Aycan HEPSAĞ

İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye
Istanbul University, Faculty of Economics, Department of Econometrics, İstanbul, Türkiye
hepsag@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

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
<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

Baş Editör Yardımcısı / Co-Editor-in-Chief

Prof. Dr. Burcu KIRAN BAYGIN – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – 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

Prof. Dr. Mustafa TEKİN – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – mustafatek@istanbul.edu.tr

Etik Editörü / Ethics Editor

Prof. Dr. Ahmet Mucip GÖKÇEN – İstanbul Rumeli Üniversitesi – 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

Arş. Gör. Sinan DEMİREZEN – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – sinan.demirezen@istanbul.edu.tr

Arş. Gör. Buğra POLAT – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – 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

Dr. Arş. Gör. Nimet Melis ESENYEL İÇEN – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü – melis.esenyel@istanbul.edu.tr

Dr. Arş. Gör. Haydar EKELİK – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – 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

İngilizce Dil Editörü / English Language Editor

Elizabeth Mary EARL – İstanbul Üniversitesi, Yabancı Diller Yüksekokulu – 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

Prof. Dr. Mehmet CANER – The Ohio State University, Department Of Economics, Ohio, United States – caner.12@osu.edu

Prof. Dr. Nicholas APERGIS – University of Piraeus, Department of Banking and Financial Management, Atina, Yunanistan – apergis1962@gmail.com

Prof. Dr. Jamal HUSEIN – Angelo State University, Department of Accounting, Economics and Finance, Texas, United States – 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

Prof. Dr. M. Thomas PAUL – PNG University of Technology, Department of Business Studies, Morobe Province, Papua New Guinea (PNG) – 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

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

Prof. Dr. Cem CANEL – UNCW Cameron School of Business, University of North Carolina, Department of Operation Management, Wilmington – canelc@uncw.edu

Prof. Dr. Nilgün ÇİL – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – nilgun.cil@istanbul.edu.tr

Prof. Dr. Seyhun DOĞAN – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü, İstanbul, Türkiye – sdogan@istanbul.edu.tr

Prof. Dr. Haluk Zülfikar – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü, İstanbul, Türkiye – zulfikar@istanbul.edu.tr

Prof. Dr. Mithat Zeki DİNÇER – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü, İstanbul, Türkiye – mzdincer@istanbul.edu.tr

Prof. Dr. Veysel BOZKURT – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü, İstanbul, Türkiye – vbozkurt@istanbul.edu.tr

Prof. Dr. Burak SALTOĞLU – Boğaziçi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonomi Bölümü, İstanbul, Türkiye – 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

Prof. Dr. Fazıl GÜLER – Yeditepe Üniversitesi, Ticari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, İstanbul, Türkiye – 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

Prof. Dr. Nurcan METİN – Trakya Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Edirne, Türkiye – 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

Prof. Dr. Ferda YERDELEN TATOĞLU – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – yerdelen@istanbul.edu.tr

Prof. Dr. Handan YOLSAL – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – yolsalh@istanbul.edu.tr

Prof. Dr. Kutluk Kağan SÜMER – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – kutluk@istanbul.edu.tr

Prof. Dr. Mehmet Hakan SATMAN – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – mhsatman@istanbul.edu.tr

Prof. Dr. Melda AKIN – İstanbul Üniversitesi, İstanbul, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – akin01@istanbul.edu.tr

Prof. Dr. Özlem YORULMAZ – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – yorulmaz@istanbul.edu.tr

Prof. Dr. Sema ULUTÜRK AKMAN – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – akmans@istanbul.edu.tr

Doç. Dr. Hakan BEKTAŞ – İstanbul Üniversitesi, İstanbul, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – hbektas@istanbul.edu.tr

Doç. Dr. Leyla Aylin AKTÜKÜN – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – aylin@istanbul.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Leyla YÜCEL – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – isbilen@istanbul.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Özlem GÖKTAŞ – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – ozlemg@istanbul.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Seda KARAKAŞ GEYİK – İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – kseda@istanbul.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Şenol EMİR – İstanbul Üniversitesi, İstanbul, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye – senol.emir@istanbul.edu.tr

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

- BRICS ve G7 Ülkelerinde Döviz Kuru Oynaklığının İhracat Hacmi Üzerindeki Etkisi: Panel Veri Analizi
Effect of Exchange Rate Volatility on Export Volume in BRICS and G7 Countries: Panel Data Analysis
Zeynep Morçişek 1
- A Monte Carlo Study of the Residuals of System Estimators in the Presence of Multicollinearity
Emmanuel Oduntan 13
- Bubble Spillover of Assets: Evidence from the Exchange Rates of Some Newly Industrialized Countries
Savaş Tarkun, Mehmet Çınar 22
- Kümeleme ve Birliktelik Kuralları Analizi İle Borsa İstanbul 100 Endeksinde Yer Alan Hisse Senetlerinin İncelenmesi
Examination of Stocks in the Istanbul Stock Exchange 100 Index With Clustering and Association Rules Analysis
Damla Yalçın Çal, Meltem Karaath 34
- Operational Implications of Time Window Relaxation in Vehicle Routing Problems
Ahmet Çağlar Saygılı, Halim Kazan 54
- Üniversite Öğrencilerinin Yenilikçilik Kapasitelerinin Teknolojik Yenilikçilik Eğilimlerine Etkisini Ölçmeye Yönelik Bir Model Önerisi
A Model Proposal to Measure the Effect of University Students' Innovation Capacity on Their Technological Innovation Tendencies
Ebru Ilgat, Noyan Aydın 82
- Finansal Hizmetler Güven Endeksi ile Borsa Getirileri arasındaki ilişki: Toda-Yamamoto ve Asimetrik Nedensellik Analizi
Relationship between Financial Services Confidence Index and Stock Market Returns: Toda-Yamamoto and Asymmetric Causality Analysis
Yunus Emre Turan, Dinara Zubaidullina 97
- The Effect of ESG (Environmental, Social And Governance) Scores on Company Performance: Evidence from the Manufacturing Industry in Turkey
Halil İbrahim Akpınar, Mehmet Sabri Topak 109
- İnsani Gelişme – Çevre Kalitesi Bağlantısının Analizi: Türkiye İçin Yeni Kanıtlar
Analysing the Linkage between Human Development and Environmental Quality: Fresh Evidence from Türkiye
Burhan Durgun 118

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Teknoloji Yoğunluđuna G6re İhracatı Etkileyen Temel Inovasyon G6stergeleri: T6rkiye İ7in Zaman Serisi Analizlerine Dayalı Bir Uygulama <i>Basic Innovation Indicators Affecting Exports According to Technology Intensity: An Application Based on Time Series Analysis for T6rkiye</i>	
Sevda Yapraklı, Fatma Kanca Kervan	133
Y6ksek Teknolojili 6r6n İhracatında Ar-Ge Harcamalarının Rol6: OECD 6lkeleri İ7in Panel Nedensellik Analizi <i>The Role of R&D Expenditures on High Technology Product Exports: A Panel Causality Analysis for OECD Countries</i>	
Sema Yaşar, Dilan Dayanan	151
Durum Uzayı Modelleri ile T6rkiye'nin Yurti7i Fiyatları ve D6viz Kuru İlişkininin Deđerlendirilmesi <i>Evaluation of T6rkiye's Domestic Prices and Exchange Rate Relationship with State Space Models</i>	
Fikriye Ceren Bostancı, Sel7uk Ko7	161

BRICS ve G7 Ülkelerinde Döviz Kuru Oynaklığının İhracat Hacmi Üzerindeki Etkisi: Panel Veri Analizi

Effect of Exchange Rate Volatility on Export Volume in BRICS and G7 Countries: Panel Data Analysis

Zeynep Morçişek¹ 

¹Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Lojistik Programı, İstanbul, Türkiye

ÖZ

1870’li yıllardan günümüze kadar uluslararası para sisteminde yaşanan gelişmeler doğrultusunda ülkeler hem sabit hem de esnek döviz kuru rejimlerini benimsemiştir. Sabit döviz kuru rejimi altında, özellikle 1930’lu yıllarda ülkeler rekabet üstünlüğü yakalamak ve ticari anlamda arzu edilen konuma ulaşmak adına para birimlerinin değerini düşürerek devalüasyon yapmayı tercih etmişlerdir. Ancak, bu durum ticari partner ülkelerinin de ardından misillemeci para ve ticaret politikalarına başvurmalarına yol açmıştır. Böylece, ülkeler birbiri ardına rekabetçi devalüasyon döngüsüne girmişlerdir. Bunun yanı sıra, günümüz koşullarında uygulanan esnek döviz kuru rejimi altında ülkelerin rekabet avantajı elde etmek uğruna döviz piyasasına çeşitli müdahalelerde bulunduğu bilinmektedir. Özellikle, küresel finans krizinden sonra ülkelerin birbirlerini kur manipülasyonu suçlaması günümüz sahnesine bu tartışmaları tekrardan çıkarmıştır. Bu çalışmada, hem gelişmiş (G7) hem de gelişmekte olan (BRICS) ülkelerin döviz kuru oynaklığı ve bunun ihracat hacmi üzerindeki etkisi panel veri analizi ile incelenmektedir. Analizde ülkelerin döviz kuru oynaklıkları, ihracat hacmi üzerinde esas belirleyici değişken olarak ele alınmıştır. Ampirik bulgular, BRICS ülkelerinde döviz kuru oynaklığının ihracat hacmi üzerindeki etkisini doğrularken, G7 ülkelerinde döviz kuru oynaklığının ihracat hacmi üzerinde etkisi bulunmamıştır. Ayrıca, BRICS ülkelerinde döviz kuru oynaklığının ihracat hacmi üzerindeki etkisi negatif olduğundan döviz kuru oynaklığının ticaret daraltıcı bir etkiye yol açtığı anlaşılmıştır. Ancak G7 için benzer bir sonuca varılamamıştır. Bu kapsamda, çalışmamız döviz kuru oynaklığının gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri farklı yönlerde etkilemesi ve bu ayrımın ortaya konması adına önem taşımaktadır.

ABSTRACT

In line with the advancements in the international monetary system from the 1870s to the present day, countries have adopted both fixed and flexible exchange rate regimes. Under the fixed exchange rate regime, countries preferred to realize devaluation by devaluing their currencies to gain a competitive advantage and reach the desired commercial position, especially in the 1930s. However, this situation caused the trading partner countries to resort to retaliatory monetary and trade policies afterward. Thus, countries entered a competitive devaluation cycle one after another. Furthermore, it is known that countries make various interventions in the foreign exchange market to gain a competitive advantage under the flexible exchange rate regime applied under today’s conditions. Especially after the global financial crisis, countries accusing each other of exchange rate manipulation brought these debates back to today’s agenda. The present study examined the exchange rate volatility of both developed (G7) and developing (BRICS) countries and its effect on export volume by panel data analysis. In the analysis, the exchange rate volatility of countries was accepted as the main determining variable on export volume. Whereas empirical findings confirmed the effect of exchange rate volatility on export volume in BRICS countries, it was found that exchange rate volatility has no effect on export volume in G7 countries. Moreover, since the effect of exchange rate volatility on export volume in BRICS countries is negative, it was understood that exchange rate volatility causes a trade contraction effect. However, a similar conclusion could not be reached for G7 countries. In this regard, our study is important in that exchange rate volatility affects developed and developing countries in different ways and this difference needs to be revealed.

Anahtar Kelimeler: Döviz Kuru Rejimleri, Döviz Kuru Oynaklığı, İhracat Hacmi, Uluslararası Ticaret, Panel Veri Analizi

Keywords: Exchange Rate Regimes, Exchange Rate Volatility, Export Volume, International Trade, Panel Data Analysis

Corresponding Author: Zeynep Morçişek E-mail: zeynep.morcicek@nisantasi.edu.tr

Submitted: 01.06.2023 • Revision Requested: 24.05.2024 • Last Revision Received: 13.09.2024 • Accepted: 20.09.2024



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

EXTENDED SUMMARY

In line with the economic conditions that countries are subject to, they use foreign trade and monetary policy tools to increase production within the country, encourage domestic production and producers, and ensure growth by accelerating exports and gain a competitive advantage in foreign trade. From a historical perspective, devaluation has been the most widely used monetary policy tool among countries. Resorting to devaluation under the fixed exchange rate regime, countries make various interventions in exchange rates by devaluing their currencies. In today's conditions, it would be more appropriate to state that countries cause this situation mutually under the flexible exchange rate regime, especially through exchange rate changes or exchange rate volatility. Particularly after the global financial crisis, countries accusing each other of exchange rate manipulation brought these debates back to today's agenda.

Considering the empirical literature in general, there are studies suggesting that the effects of exchange rate volatility on the trade balance are positive, as well as studies stating that it has a negative effect and even stating that the relationship between them is meaningless and insignificant. In the present study, the period that has not been addressed in the literature will be discussed in a way that can compare both developed and developing country groups, namely G7 and BRICS countries, and the effect of exchange rate volatility on export volume will be examined by panel data analysis. Furthermore, to determine real exchange rate volatility, the Generalised Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH) model was employed in the study, and then panel data analysis was performed.

In the analysis, the effect of real exchange rate volatility, one of the macroeconomic variables affecting the export volume, in other words, the relationship between export and volatility constitutes the limit of our study. Therefore, the real exchange rate volatility is the explanatory independent variable on export volume in the established model. The other independent variables include the real exchange rate index of the countries, the annual growth rate of GDP, foreign direct investment inflows, and weighted average tariff rates applied to the basic product import shares of the trading partner countries. In this study, panel data analysis was performed by establishing two models consisting of the same variables between the years 1990 and 2020 to make a comparative evaluation between G7 countries (Germany, the United States, the United Kingdom, Italy, France, Japan, Canada) and BRICS countries (Brazil, Russia, China, South Africa).

Empirical findings indicate that the real exchange rate and its volatility in BRICS countries are statistically significant and their effect on export volume is negative. In other words, the increase in the real exchange rate and exchange rate volatility leads to a reducing effect on the export volume. Thus, developing countries are adversely affected by exchange rate volatility and exchange rate fluctuations, and their export volumes decrease. When evaluated in terms of the G7, it is observed that the real exchange rate volatility is insignificant, while the real exchange rate is statistically significant. The increase in the real exchange rate decreases the export volume, and this result is the same as that for BRICS. However, it was found that exchange rate volatility did not have a significant effect on export volume in the G7 countries. Furthermore, considering that the percentage increase in the real exchange rate decreases the export volume for both BRICS and G7 countries, it is understood that the export volume decreases in return for the appreciation of the domestic currency, in line with the trade theory in general.

In accordance with the analysis results, while the effect of real exchange rate volatility on export volume in BRICS countries was confirmed, it was understood that real exchange rate volatility did not affect export volume in G7 countries. In other words, developed countries are not as affected by exchange rate volatility as developing countries. In this respect, we can say that while the changes in the exchange rate created by developed countries using monetary policy tools are ineffective on their own export volumes, developing countries are more affected by these changes. Namely, it is obvious that it is appropriate for developing countries, such as Brazil, to react to the monetary policy implemented by developed countries, especially after the global financial crisis.

In developing countries, exchange rate volatility has a negative effect on export volume, reducing the trade volume of these countries, let alone acquiring a competitive advantage. Hence, developing countries are more affected by the volatility in exchange rates and cannot acquire a competitive advantage in commercial terms. Ultimately, it is seen that exchange rate volatility has a trade contraction effect in developing countries. Therefore, to increase international trade, it is recommended that developed countries cooperate with developing countries, particularly when implementing monetary policy decisions.

Giriş

Ülkeler içinde buldukları ekonomik koşullardan dolayı hem yurt içinde üretimi arttırmak, yerli üretimi ve üreticileri teşvik etmek hem de ihracata ivme kazandırarak büyümeyi sağlamak ve dış ticarete rekabet üstünlüğü elde etmek için dış ticaret ve para politikası araçlarını kullanmaktadırlar. Tarihsel açıdan baktığımızda devalüasyon ülkeler arasında en yaygın olarak kullanılan para politikası aracı olmuştur. Sabit döviz kuru rejimi altında devalüasyona başvuran ülkeler kendi para birimlerinin değerini düşürerek döviz kurlarına çeşitli müdahalelerde bulunmaktadırlar. Günümüz koşullarında ise esnek döviz kuru rejimi altında özellikle kur değişimleri veya kur oynaklığı üzerinden ülkelerin karşılıklı bir şekilde bu duruma sebebiyet verdiğini söylemek daha yerinde olacaktır.

Esnek döviz kuru rejimi yapısı itibarıyla dalgalanmalara oldukça açık bir sistemdir. Döviz kurlarında yaşanan bu dalgalanmaların kontrol altında tutulması ülkelerin makroekonomik performansının korunması ve rekabet gücünün sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir. Açıkçası esnek döviz kuru rejiminin, ülkelerin maruz kalabilecekleri ekonomik şoklar karşısında döviz kuru ayarlamalarına ve para politikasında egemenliklerini sürdürmelerine olanak sağlaması en önemli avantajı olarak görülmektedir. Ancak, esnek kur rejiminin beraberinde getirdiği belirsizlik ve risklere karşı döviz kurunda oynaklığı arttırdığı da aşıkardır. Ayrıca esnek döviz kuru rejimi, fiyat mekanizmasının işleyişini bozmaktadır. Bu görüş Eichengreen (1987) tarafından desteklenmiş ve döviz kurlarında değişkenlik arttığı zaman nispi fiyatlardaki değişkenliğin de artacağını ileri sürmüştür. Böylece ulusal para biriminin dalgalanması ile fiyatlarda oluşan farklılık ülkeleri uluslararası ticareten vazgeçirebilecektir. Bu durumda, esnek döviz kuru rejiminin uluslararası ticareti baltaladığı ve döviz kurundaki yıkıcı dalgalanmaları arttırdığı anlaşılmaktadır.

Döviz kuru oynaklıklarından gelişmekte olan ülkeler gelişmiş ülkelere göre daha çabuk etkilenmektedir. Özellikle küresel finans krizinin ardından, gelişmekte olan ülkelerin gelişmiş ülkelerin uyguladıkları para politikası sonucu ortaya çıkan döviz kuru oynaklıklarına yönelik eleştirileri konunun irdelenmesini gerektirmiştir. Bergsten (2013), uluslararası para sisteminin bu kriz sonrasında açık bir şekilde tehdit altında olduğunu belirtmiştir. Hemen hemen her büyük ülke kriz sonrasında, ekonomisini güçlendirmek ve istihdam yaratmak için para biriminin değer kaybetmesini veya en azından değer kazanmayacak şekilde tutmaya çaba gösterdiğini vurgulamıştır. Bu sebeple, bazı ülkelerin döviz piyasasına bu amaçla doğrudan müdahale ettiği anlaşılmıştır. Bunu esas olarak uluslararası rekabet güçlerini ve ticaret fazlalarını artırmak için kendi para birimlerini değersizleştirerek yapmışlardır. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan bu ülkeler arasında dünyanın büyük ekonomileri yer almaktadır. Çin'in yanı sıra bazı Asya ülkeleri, petrol ihracatçısı ülkeler ile birkaç Avrupa ülkesi de bulunmaktadır. Nihayetinde bu ülkeler küresel finans krizinin sonrasında, ekonomilerini canlandırmak amacıyla para birimlerinin değer kaybetmesi için kasıtlı olarak döviz piyasası müdahalelerine-politikalarına başvurmuştur.

Reel döviz kuru, ülkelerin uluslararası ticaretteki rekabet güçlerinin ve üstünlüğünün bir göstergesi olduğundan önemli bir politika aracı olarak kullanılmaktadır. Bu bakımdan, reel döviz kuru, reel döviz kurunun oynaklığı ve ihracat hacmi arasındaki ilişkinin belirlenmesi oldukça önem arz etmektedir. Bu yüzden bu çalışmada, gelişmiş ve gelişmekte olan ülke gruplarının yani G7 ve BRICS'in döviz kuru değişimlerinin veya döviz kuru oynaklıklarının ihracat hacmi üzerindeki etkilerine yönelik değerlendirmelerde bulunulacaktır. Bu doğrultuda, daha çok yapılan diğer çalışmalar da göz önünde bulundurulduğunda döviz kuru, döviz kuru oynaklığı, ekonomik büyüme, doğrudan yabancı sermaye yatırımları ve ihracat hacmi arasındaki ilişkilerin ne yönde değiştiği ve birbirlerini nasıl etkilediğine yönelik tahminler yapılacaktır. Bunun yanı sıra, günümüzde daha yaygın olarak kullanılan dış ticaret politikası araçlarından biri olan gümrük tarifelerinin de analize dahil edilmesiyle ele alınan ülkelerin benimsedikleri bu gibi politikalar sonucunda dış ticarete gerçekten önemli bir rekabet üstünlüğü elde edip etmedikleri analiz edilip yorumlanacaktır.

Literatür Taraması

Geleneksel ticaret teorisi, döviz kuru oynaklığının ticareti baskılayacağını çünkü ihracatçıların bunu riskten kaçınma varsayımı altında, uluslararası işlemlerdeki kârların belirsizliğinde bir artış olarak görececeklerini öne sürmektedir. Bu doğrultuda, döviz kuru oynaklığının ticaret hacmini azalttığına yönelik yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Buna karşılık, aksini iddia eden bazı araştırmaların yanı sıra önemsiz veya belirsiz bir etkisinin var olduğuna yönelik iddialar da bulunmaktadır. Bu kapsamda, öncelikli olarak literatürde var olan çalışmaların karşılaştırmalı bir şekilde ifade edilmesi analizimize ışık tutacaktır.

Döviz kuru oynaklığı ve uluslararası ticaret arasındaki ilişkiyi inceleyen önemli çalışmalardan biri Rose (2000) tarafından yapılmıştır. Bu makalede, döviz kuru oynaklığı ve ayrıca parasal birliğin uluslararası ticaret üzerindeki etkisini ayrı ayrı değerlendirebilmek için panel veri analizi ile çekim modeli yapılmıştır. Panel veri seti, 186 ülke için 1970'ten 1990'a uzanan beş yıllık ikili gözlemleri kapsamaktadır. Analiz sonucunda, döviz kuru oynaklığının anlamlı ve negatif etkisi olduğu açığa çıkmıştır. Açıkçası, döviz kuru oynaklığının azaltılması ile ticaret hacminin artacağı öne sürülmüştür. Ayrıca, aynı para birimini kullanarak ticaret yapan iki ülkenin farklı para birimleri kullananlara göre üç kat daha fazla ticaret yaptığı bulunmuştur.

Bu alanda dikkate değer bir başka çalışma De Grauwe ve Skudelny (2000) tarafından yürütülmüştür. Bu yazarlar, döviz kuru oynaklığının Avrupa Birliği içindeki ticaret akımları üzerindeki etkisini çekim modelini kullanarak ölçmeye çalışmıştır. Bu

analizdeki panel veri seti 1962-1995 dönemi boyunca Avrupa Birliği içi ticaret akımlarını kapsamaktadır. Bu analiz sonucunda yapılan tahminler doğrultusunda, döviz kuru değişkenliği için önemli negatif katsayıların ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Benzer bir çalışma Baak (2004) tarafından yapılarak Asya Pasifik bölgesindeki 14 ülkede döviz kuru oynaklığının ihracat hacmi üzerindeki etkisi 1980-2002 yıllarına ait veriler ile çekim modeli ve OLS tahmini kullanarak incelemiştir. Analiz sonucunda, döviz kurunda yaşanan oynaklıkların ihracat haddi üzerinde önemli ölçüde negatif etkiye yol açtığına varmıştır.

Thorbecke ve Kato (2012), Almanya'nın ihracatı üzerinde döviz kuru değişikliklerinin etkisini inceleyerek aralarında Türkiye'nin de olduğu Almanya'nın en çok ihracat yaptığı 15 ülkeye ait 1980-2010 yıllarını kapsayan çeyreklik verileri kullanarak panel veri analizi gerçekleştirmiştir. Sonuçta, Almanya'da toplam ihracat hacmi ve reel döviz kuru arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı tespit edilerek reel döviz kurundaki %10'luk bir artışın ihracatı %6 oranında düşüreceği bulunmuş. Aynı zamanda bu sonuçlar, Almanya'nın 2000 yılından sonraki iç devalüasyonun Avrupa'ya yapılan ihracatındaki artışa katkıda bulunduğunu da göstermiştir. Héricourt ve Poncet (2015), makalelerinde reel döviz kuru oynaklığının firma düzeyindeki ihracat performansını nasıl etkilediği ve bu etkinin var olan finansal kısıtlamalar yüzünden olup olmadığını araştırmışlardır. Ampirik analizleri yüz binden fazla Çinli ihracatçının 2000-2006 yıllarını kapsayan ihracat verilerine dayanmaktadır. Başlıca sonuçlar, reel döviz kuru oynaklığının ticareti caydırıcı etkisini teyit etmiştir. Ayrıca, firmaların ihracata başlama kararının ve ihracat değerinin döviz kuru oynaklığının yüksek olduğu destinasyonlarda azaldığını ve bu etkinin finansal açıdan kırılğan firmalar için arttığı tespit edilmiştir.

Bir diğer önemli çalışma Berthou (2008) tarafından yapılarak, OECD'de yer alan 20 ihracatçı ülke ile 52 gelişmiş ve gelişmekte olan ithalatçı ülkenin 1989-2004 yılları arası reel döviz kuru hareketlerinin iki yanlı ticaret akımları üzerindeki etkisini panel veri analizi çekim modeli ile incelemiştir. Analiz sonucunda, reel döviz kurunun ele alınan ülkelerin ihracatı üzerinde negatif etkisi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, reel döviz kurunda meydana gelecek artışın karşılıklı ihracatı düşürdüğü ve ulusal para biriminin %10 değer kazanması halinde ihracatı ortalama %6,8 düşüreceği sonucuna ulaşılmıştır.

Bir başka çalışma, Hondroyiannis ve diğerleri (2008) tarafından yapılarak 12 sanayileşmiş ülkenin döviz kuru oynaklığı ve toplam ihracat hacimleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmalarında, 1977:1-2003:4 dönemlerini kapsayan çeyreklik veriler ele alınmış ve panel veri tahmin metodları arasında yer alan genelleştirilmiş momentler yöntemi kullanılarak analiz yapılmıştır. Bu tahmin sonuçlarına göre, döviz kuru oynaklığının toplam ihracat hacmi üzerinde anlamlı ve negatif etkiye sahip olduğuna dair bir kanıt bulunmuşlardır. Polodoo ve diğerleri (2016) ise, araştırmalarında 18 Afrika ülkesine ait 1995-2012 dönemlerini kapsayan bir örnekleme döviz kuru oynaklığının imalat ticareti üzerindeki etkisini ithalat-ihracat modeli ve dinamik panel veri ekonometrisi kullanarak analiz etmişlerdir. Dinamik panel veri analizinin sonuçları, tesadüfi katsayı tahminleri doğrultusunda hem reel efektif döviz kurunun hem de döviz kuru oynaklığının reel imalat ithalat ve ihracatını açıklamada istatistiksel olarak anlamlı ve negatif olduğunu ortaya koymuştur.

Ejaz ve Zafar (2016), döviz kuru oynaklığının Pakistan'ın Çin'e yaptığı deri eşya ihracatı üzerindeki etkisini, 1982-2014 yıllarına ait veriler ile değişkenler arasındaki uzun dönem ve kısa dönem ilişkilerinin analizi için gecikmesi dağıtılmış otoregresif sınır testi (ARDL) modelini kullanarak incelemiştir. Uzun dönem sonuçlarına göre döviz kuru oynaklığının Pakistan'ın Çin'e yaptığı deri eşya ihracatına yönelik talep üzerindeki etkisi negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Kısa dönem dinamikleri ile ilgili olarak, uzun dönem dengesine yakınsamayı gösteren negatif işaret ile hata düzeltme terimi katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Döviz kuru oynaklığının firmaların ihracat performansları üzerindeki etkisini inceleyen Rashid ve Waqar (2017) ise, çalışmalarında panel veri analizini kullanmıştır. Bu çalışmada, döviz kurundaki değişikliklerin ve oynaklığın imalat sektörlerindeki ihracat davranışlarını nasıl etkilediği ve hem döviz kurundaki değişiklikler hem de döviz kuru oynaklığının farklı büyüklükteki firmaları ne yönde etkilediği araştırılmıştır. Bu doğrultuda, iki yüz yirmi bir tane Pakistanlı imalat firması örnekleme üzerinden hareketle 2002-2012 dönemlerini kapsayan veriler ile iki aşamalı genelleştirilmiş moment yöntemi tahmincisi uygulanarak analiz edilmiştir. Bu analizde, dinamik panel verileri (sistem GMM) tahmincisi, içselliği azaltmaya yardımcı olduğu için uygulanmıştır. Analiz sonucunda, firmaların ihracatı üzerinde reel döviz kurundaki değer kaybının pozitif etkisi olmasına karşılık döviz kuru oynaklığının negatif etkisi olduğunu bulmuşlardır.

Panel veri analizini uygulayan başka bir çalışma Xie ve Baek (2020) tarafından yapılarak, para birimindeki değer artışının ve firma heterojenliğinin 4 Asya ülkesinden yapılan ihracat üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu analiz 2009-2016 yılları arasında seçili 4 Asya ülkesi için firma düzeyinde veriler kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmada, panel veri analiz yöntemlerinden biri olan Poisson pseudo en çok olabilirlik (PPML) tahmincisi öncelikle bu problemin üstesinden gelmek için en popüler araç olarak kullanıldığı için ana tahmin yöntemi olarak tercih edilmiştir. Ayrıca sıradan en küçük kareler (OLS) ve Tobit regresyon da kullanılmıştır. Panel veri analizi sonuçlarına göre döviz kurunun değerlendirilmesi aslında Asya merkezli şirketlerin ihracatını caydırmaktadır. Ayrıca literatürle uyumlu olarak, diğer tüm açıklayıcı değişkenler istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar bildirmektedir. Bu kapsamda döviz kuru oynaklığı firma ihracatını caydırırken, firma büyüklüğü ve emek verimliliği ise daha yüksek ihracat hacimleri ile ilişkilendirilmektedir.

Bu çalışmaların aksine Jiang (2014) ise, nominal RMB döviz kurundaki oynaklığın Çin'in ekonomik büyümesi ve özellikle ithalat ve ihracat yani ticaret üzerindeki etkisini 1981-2012 dönemine ait verileri kullanılarak birim kök ve eş bütünleşme testleri

ile analiz etmiştir. Sonuçta uzun dönemde, RMB'nin nominal döviz kurundaki dalgalanmalar ile ithalat ve ihracat arasındaki ilişkinin eş bütünleşik olduğu ve bu oynaklığın ticaret hadleri üzerinde pozitif bir etkisinin olduğu bulunmuştur. Döviz kuru değişimlerinin ticaret dengesi üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu öne süren çalışmalardan bir diğerini Yi (2010) yapmıştır. Çalışmasında, 1994-2004 dönemleri arasında Çin RMB'sinin ABD doları karşısındaki reel efektif döviz kurları ve nominal ikili döviz kurlarının hem ihracat hem de ithalat ile olan ilişkisini ölçmeyi amaçlamıştır. Analiz sonucunda reel döviz kurunun orta vadede ihracat hacmi ile pozitif yönde, ithalat hacmi ile negatif yönde ilişkili olduğu ve bu kurda reel bir değerlenmenin ihracatı teşvik ederken ithalatı caydıracağı ileri sürülmüştür. Nihayetinde, Çin'in ticaret akımları üzerinde reel döviz kurunun önemli bir etkiye sahip olduğu ve RMB döviz kurundaki değerlenmenin ihracatı artıracığı tespit edilmiştir.

Döviz kuru oynaklığı ile ihracat arasındaki ilişkiyi inceleyen başka bir çalışma Alobwede ve Toh (2017) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, Kamerun ekonomisi için döviz kuru oynaklığı ile finansal sistem arasındaki ilişkiyi 1975-2015 yıllarını kapsayan bir zaman serisi ile incelemiştir. Analiz sonucunda döviz kuru, döviz kuru oynaklığı, dünya büyüme oranı ile ihracat arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişki bulunmuştur.

Bu görüşlerin yanı sıra, döviz kuru oynaklıklarının ticaret hacmi üzerinde anlamsız ve önemsiz bir etkisinin bulunduğunu öne süren çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmalar arasında yer alan Tenreyro (2007), 1970-1997 yıllarına ait 87 ülkenin verilerini OLS ve PML yöntemlerini kullanarak panel veri analizi yapmıştır. Temel bulgular doğrultusunda, döviz kuru oynaklıklarının toplam ihracat akımları arasında istatistiksel olarak anlamsız ve küçük bir etki olduğu açığa çıkmıştır. Ahmed ve diğerleri (2015) ise, 46 ülke ve sektörler arasında döviz kuru değişkenliğinin ihracat esnekliğini nasıl etkilediğini 1996-2012 yılları arasında panel veri analizi ile incelemiştir. Sonuç olarak, reel döviz kurundaki değer kaybının ihracat hacmi üzerinde çok küçük bir etkisi olduğunu bulmuştur.

Bir diğer çalışma Aristotelous ve Fountas (2000) tarafından yapılarak, Avrupa Parasal Birliği'nin (EMS) oluşturulmasının dört büyük AB ülkesinin (Almanya, Fransa, İtalya ve Birleşik Krallık) birbirlerine olan ihracatı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada, çok değişkenli eş bütünleşme testi ve hata düzeltme modeli teknikleri kullanılarak 1973:1-1998:3 çeyreklik verilerin analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda, döviz kuru oynaklığının ihracat hacmi üzerindeki etkisi önemsiz veya anlamsız olduğu tespit edilmiştir. Nihayetinde, döviz kuru oynaklığının ihracat hacimleri üzerindeki etkisinin belirsiz olduğu ve ülkeler arasında değişebileceği ima edilmiştir. Herwartz (2003) ise çalışmasında, döviz kuru belirsizliği ile ticaret büyümesini birbirine bağlayan doğrusal olmayan ilişkilerin potansiyelini araştırmak için 6 ülkenin ABD ile yaptığı ithalat ve ihracatın aylık büyümesini formüle eden ikili modelleri kullanmıştır. Temel bulgular, döviz kuru değişimlerinin ticaret büyümesi üzerindeki genel etkisinin zayıf olduğu ve ABD'nin ticaret hacminin döviz kuru oynaklığı ile bağımlılığının doğrusal olmadığı yönündedir. Ampirik sonuçlar, bu ilişkinin doğrusal olmayabileceği ve ayrıca ülkelerin ithalat ve ihracatları arasında homojenlikten yoksun bir yapı olduğu görüşünü desteklemektedir.

Döviz kuru oynaklığının ihracat hacmi üzerinde belirsiz etkileri olduğunu öne süren yazarlar arasında Wang ve Barrett (2007) yer almaktadır. Bu yazarlar, Tayvan'ın ABD'ye yaptığı ihracat üzerinden döviz kuru oynaklığının uluslararası ticaret akımları üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmalarında, 1989-1998 yılları arası aylık verileri sektörel düzeyde ele alarak 8 farklı sektörün Tayvan'ın en büyük ticari partneri olan ABD'ye yaptığı aylık ihracatı zaman serileri ile analiz etmişlerdir. En çarpıcı sonuç, aylık döviz kuru oynaklığının tarımsal ticaret akımlarını önemli ölçüde negatif etkilediği ancak diğer sektörlerdeki ticareti etkilememesi yönünde olmuştur. Aslında, beklenen döviz kuru değişimlerinin ihracat hacimleri üzerindeki etkisinin aylar içinde olumlu ve olumsuz etkilerin bir karışımı olduğu sonucuna varılmıştır.

Capuano ve Stepanok (2016), 1999-2014 verilerini kullanarak, İngiltere'nin AB'den çıkması (Brexit) durumunda olası ticaret değişimlerini incelemek için, İngiltere ve Almanya'nın 35 ülkeyle olan ihracatı ve döviz kuru arasındaki ilişkiyi regresyon yöntemiyle analiz etmiştir. Temel bulguları, kısa vadede Alman ihracatının döviz kuru hareketlerinden çok az etkilenebileceği ve Euro/Sterlin döviz kurunda büyük dalgalanmalar olsa bile Almanya'nın toplam ticaretinde büyük değişikliklere yol açmayacağı yönündedir. Bu kapsamda çalışmanın sonucunda, bu ülkelerin ihracatlarını pek çok farklı değişkenlerin etkileyebileceği ve bu değişkenlerin içinde döviz kurunun küçük ve kayda değer olmayan bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Ampirik literatür genel olarak değerlendirildiğinde, döviz kuru oynaklığının ticaret dengesi üzerindeki etkilerinin olumlu olduğunu ileri süren çalışmaların yanı sıra olumsuz etkilediğine yönelik ve hatta aradaki ilişkinin anlamsız ve önemsiz olduğunu belirten çalışmalar da bulunmaktadır. Bu yüzden, döviz kuru oynaklığı ve dış ticaret dengesi arasındaki ilişkinin pozitif ya da negatif yönlü olması gerektiği konusunda genel bir fikir birliğine ulaşılamamıştır. Analizlerde incelenen ülkeler ve ayrıca ülkelerin içinde buldukları ekonomik koşullar zamanla değiştiği için kesin bir yargıya varmak kolay olmayacaktır. Bu çalışmada literatürde ele alınmamış dönem hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülke gruplarını, G7 ve BRICS ülkelerini, karşılaştırabilecek şekilde ele alınarak döviz kuru oynaklığının ihracat hacmi üzerindeki etkisi panel veri analizi ile incelenecektir.

Veri ve Metodoloji

Ampirik literatür doğrultusunda, bu araştırmada yöntem olarak panel veri analizinin kullanılması daha uygun bulunmuştur. Çünkü panel veri analizinde çok sayıda değişken aynı anda hem mekan hem de zaman yönünden birlikte analiz edilebilmektedir. Böylece küresel ekonomide yer alan çoğu ülke ve bu ülkelere ait makro boyuttaki değişkenler analize eklenerek kıyaslanabilmektedir. Ayrıca, çalışmada Genelleştirilmiş Otoregresif Değişen Varyans (GARCH) modeli reel döviz kuru oynaklığının belirlenmesi adına kullanılmış ve sonrasında panel veri analizi yapılmıştır. Bu sebeple öncelikle GARCH modeline kısaca değinilecek, devamında ise panel veri ve panel veri analizi açıklanacaktır.

GARCH Modeli

Küresel ekonomi ve finansal piyasalarda ortaya çıkan gelişmelerin hem finansal varlıkların hem de döviz kurlarının oynaklık davranışları üzerinde hangi yönde etkiye sahip olduğu otoregresif koşullu değişen varyans modellerinin geliştirilmesindeki ana etkidir. Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) ile Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (ARCH) modelleri bu modeller arasında yer almaktadır (Hepsağ, 2013: 7).

Engle (1982) tarafından ortaya konulan ARCH modeli, zaman serilerinde koşullu varyansın zaman içerisinde değiştiği fikrinden hareketle oynaklığın modellenmesinde ve gelecekte gerçekleşeceği değerlerin tahmininde kullanılan başlıca modeldir. ARCH modeli ile ilgili belirli varsayımların yerine gelmemesi üzerine Bollerslev (1986) tarafından bu sorunların varlığı tespit edilerek Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) modeli geliştirilmiştir. Bollerslev tarafından geliştirilen GARCH modelinde koşullu varyans sadece geçmiş dönem hata terimlerinin yanında geçmiş dönem koşullu varyans değerleri de yer almaktadır. Böylece, GARCH modelinin ARCH modeline göre modelin mertebesinin belirlenmesinde daha esnek bir yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca daha başarılı olan bu model ile ARCH geliştirilerek, gecikme sayısı fazla olan bir ARCH modelini temsil etmek olasıdır. Bu yüzden, döviz kuru oynaklığı değişkenini oluşturmak adına GARCH modelinin kullanılması daha uygun bulunmuştur.

Ampirik literatür başlangıcında, döviz kuru oynaklığının ticaret hacmi üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğuna dair çeşitli çalışmalar ortaya konmuştur. Bu çalışmalar doğrultusunda, kur oynaklığının belirlenmesinde genellikle GARCH modelinin tercih edildiği anlaşılmış ve mevcut literatürle uyumlu bir şekilde hareket edilmiştir. Herwartz (2003), Wang ve Barrett (2007), Hondroyiannis vd. (2008), May (2010), Hooy ve Choong (2010) ile Polodoo vd. (2016) çalışmalarında GARCH modellerini kullanmıştır.

Analizin özünde, ihracat hacimleri üzerinde döviz kuru oynaklığının etkisini inceleyeceğimiz için öncelikle ele alacağımız temel değişken döviz kuru oynaklığıdır. Döviz kuru oynaklığı, ticaret üzerinde hem pozitif hem de negatif yönlü etki edebilmektedir. Bu ise, ülkelerin kur hareketlerine bağlı olarak ticaret üzerindeki rekabet güçlerinin artmasına veya azalmasına yol açmaktadır. Bu sebeple, ele alınan ülkelerdeki kur oynaklığı ampirik analizde incelenecek ana değişkendir. Döviz kuru oynaklık değişkeni, döviz kuru verisi üzerinden oluşturulmaktadır. Bu doğrultuda, reel döviz kuru veri seti kullanılarak yukarıda bahsettiğimiz GARCH modeli aracılığıyla her bir ülke için döviz kuru oynaklık serisi türetilmiş ve ardından panel veri analizine geçilmiştir.

Panel Veri Analizi ve Modeli

Bireyler, hane halkları, firmalar ve ülkeler gibi birimlere ait yatay kesit gözlemlerin, belirli bir dönemde bir araya getirilmesi panel veri olarak tanımlanmaktadır (Baltagi, 2008). Panel veri, N sayıda birimler ve bu birimlere karşılık gelen T sayıda gözlemlerden oluşmaktadır. Panel veri analizi ise, zaman boyutuna sahip yatay kesit veriler yani panel veriler ile kurulan ve bu panel veri modelleri aracılığıyla ekonomik ilişkileri tahmin eden yöntem olarak adlandırılmaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2020: 4). Bu çalışmada, ihracat hacmi ile döviz kuru oynaklığı arasındaki ilişkiyi bulabilmek için elde edilen veriler, yatay kesit ve zaman serisi boyutundan türetilen panel veriler olduğundan "Panel Veri Analizi" tercih edilmiştir.

Analizde, ihracat hacmini etkileyen makro iktisadi değişkenlerden reel döviz kuru oynaklığının etkisi yani ihracat ve oynaklık arasındaki ilişki, bu çalışmanın sınırı olarak kabul edilmiştir. Bu yüzden, kurulan modelde ihracat hacmi üzerindeki açıklayıcı bağımsız değişken, reel döviz kuru oynaklığıdır. Diğer bağımsız değişkenler ise literatürde en fazla kabul görenlerdir. İhracat hacmi üzerinde döviz kuru oynaklığının etkisine yönelik olarak daha önce yapılan analizler kapsamında, ihracatın değerlendirilmesi için kullanılan doğrusal panel veri modeli aşağıda belirtildiği gibidir.

$$EX_{it} = \beta_{0it} + \beta_1 VOL_{it} + \beta_2 REDK_{it} + \beta_3 GDPG_{it} + \beta_4 FDI_{it} + \beta_5 TARIFF_{it} + \mu_{it}, \quad (1)$$

Basit bir şekilde ifade edecek olursak, bu denklemde i ülkesinde t zamanda yapılan toplam ihracat hacmini EX_{it} ile, VOL_{it} ile ülkelerin reel döviz kuru oynaklığını, $REDK$ ile ülkelerin reel döviz kuru endeksini, $GDPG_{it}$ ile ülkelerin GSYH yıllık artış oranını, FDI ülkelerin doğrudan yabancı sermaye yatırım girişlerini, $TARIFF$ ticari partner ülkelerin temel ürün ithalat paylarına uygulanan ağırlıklı ortalama tarife oranlarını göstermektedir. Denklemde $G7$ ülkelerinde birim boyutunu ifade eden "i" 7 ülkeden

ve BRICS ülkelerinde ise 4 ülkeden (Hindistan hariç), zaman boyutunu ifade eden “t” ise 1990- 2020 dönemini kapsayan 31 yıldan oluşmaktadır.

Bu denklemin standart uygulamasında bağımlı değişkenin logaritmasının alınarak ve ilgili parametrelerin özellikle β_4 ve β_5 gibi, kullanılarak sıradan en küçük kareler (OLS) ile tahmin edilmesinden oluşur. Makro iktisadi değişkenlerden ihracat hacmi EX (lnEX), bağımlı değişkenin logaritması alınarak modele dahil edilmiştir. Bu kapsamda denkleminiz;

$$\ln(EX)_{it} = \beta_{0it} + \beta_1VOL_{it} + \beta_2REDK_{it} + \beta_3GDPG_{it} + \beta_4FDI_{it} + \beta_5TARIFF_{it} + \mu_{it}, \quad (2)$$

halini alacaktır.

Çalışmamızda ihracat hacmi üzerinde döviz kuru oynaklığının etkisini analiz etmek için bu denklem doğrultusunda, 1990-2020 yılları arasında G7 ve BRICS (Hindistan hariç) olmak üzere 11 ülkeye ait Dünya Bankası veri setinden alınan yıllık veriler kullanılmış ve kullanılan değişkenler Tablo 1’de gösterilmiştir. BRICS ülke grubundan Hindistan’ın çıkarılması ise, bu ülkeye ait döviz kuru veri setinin Dünya Bankası üzerinden ulaşılamamasından kaynaklanmaktadır. Yani, çalışmada yapılan analizin daha tutarlı olması adına aynı veri kaynağından ilerlenmesi daha doğru bulunmuştur. Özellikle, analizde hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülke gruplarının ele alınmasının sebebi ise çalışmamızın açıklama gücünü daha da artırmaktır.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Değişkenler

Değişken	Kısaltma
İhracat Hacmi (logaritmik)	ln(ex)
Reel Döviz Kuru Endeksi	redk
Reel Döviz Kuru Oynaklığı	vol
Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımları	fdi
Tarife Oranları	tariff
GSYH Büyüme Oranı	gdp

Ampirik Bulgular

Panel veri modelini uygulamadan önce veride birim ve zaman etkisinin varlığının sınanması gerekmektedir. Çünkü zaman ve birim etkilerinin var olması yapılacak öngörülerini zorlaştırmaktadır. Zaman ve birim etkilerinin varlığını sınamak için Breusch-Pagan Lagrange Çarpımı (LM) ile Düzeltilmiş Lagrange Çarpımı Testleri (ALM) yapılmıştır. Birim etkisi testlerinde temel hipotez, “birim etkinin varyansının sıfıra eşit olduğu” şeklindedir.

Tablo 2. BRICS Birim Etkisi Test Sonuçları

	İstatistik	Olasılık Değeri	Sonuç
ALM Testi (iki taraflı)	186.37	0.000	Birim etki var
ALM Testi (tek taraflı)	13.65	0.000	Birim etki var

Tablo 3. G7 Birim Etkisi Test Sonuçları

	İstatistik	Olasılık Değeri	Sonuç
ALM Testi (iki taraflı)	402.65	0.000	Birim etki var
ALM Testi (tek taraflı)	20.07	0.000	Birim etki var

Tablo 4. BRICS Zaman Etkisi Test Sonuçları

	İstatistik	Olasılık Değeri	Sonuç
LM Testi (iki taraflı)	0.16	0.686	Zaman etkisi yok
LM Testi (tek taraflı)	0.4	0.343	Zaman etkisi yok

Tablo 5. G7 Zaman Etkisi Test Sonuçları

	İstatistik	Olasılık Değeri	Sonuç
ALM Testi (iki taraflı)	2.43	0.119	Zaman etkisi yok
ALM Testi (tek taraflı)	1.56	0.059	Zaman etkisi yok

Tablo 2 ve 3'te gösterilen birim etkisi test sonuçlarına göre, H0 hipotezi reddedilememektedir. Böylece hem BRICS hem de G7 ülkelerinde birim etkilerin varlığı kabul edilmektedir. Bunun yanı sıra, Tablo 4 ve 5'te yer alan zaman etkisi testlerinde, "zaman etkisinin varyansının sıfıra eşit olduğu" temel hipotezi reddedilememektedir. Yani, BRICS ve G7 ülkelerinde zaman etkisinin var olmadığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, yalnızca birim etkilerinin olduğu tek yönlü model geçerlidir.

Tablo 6. BRICS Hausman Test Sonuçları

Bağımsız Değişkenler	Katsayılar (Sabit etkiler)	Katsayılar (Tesadüfi etkiler)	Olasılık Değeri
redk	-0.00834	0.00183	
vol	-0.00069	0.00036	
fdi	0.01274	0.00082	0.5727
tariff	-0.00026	0.01148	
gdpg	-0.02198	0.012	

Tablo 7. G7 Hausman Test Sonuçları

Bağımsız Değişkenler	Katsayılar (Sabit etkiler)	Katsayılar (Tesadüfi etkiler)	Olasılık Değeri
redk	-0.01726	0.00174	
vol	0.24915	0.25237	
fdi	0.00251	0.00028	1.0000
tariff	0.00108	0.00317	
gdpg	-0.02198	0.00805	

Birim etkinin varlığı kabul edildikten sonra, bu birim etkilerin tesadüfi etkiler mi yoksa sabit etkiler mi olduğunu bulabilmek adına dirençli Hausman testleri yapılmıştır. Bu testler sonucunda her iki modelde de tesadüfi etkiler varsayımının etkin ve dolayısıyla kullanılmasının uygun olduğuna karar verilmiştir. Bu kapsamda elde edilen tahmin sonuçları da Tablo 6 ve 7'de sunulmuştur. Sonuç itibarıyla hem BRICS hem G7 ülke modellerinde tek yönlü birim etkilerin olduğu ve tesadüfi etkiler tahmincisinin etkin olduğu bir model olduğu anlaşılmıştır.

Tablo 8. BRICS Varsayımdan Sapmaların Sınanması

	Olasılık Değeri	Sonuç
Wald Testi	0.000 < 0.05	Heteroskedasite var
Durbin Watson	0.552 < 2	Otokorelasyon var
Baltagi- Wu LBI	0.707 < 2	Otokorelasyon var
Pesaran	0.010 < 0.05	Birimler arası korelasyon vardır
Friedman	0.000 < 0.05	Birimler arası korelasyon vardır
Frees	0.074 < 0.124	Birimler arası korelasyon yoktur

Tablo 9. G7 Varsayımdan Sapmaların Sınanması

	Olasılık Deęeri	Sonuç
Wald Testi	0.000 < 0.05	Heteroskedasite var
Durbin Watson	0.525 < 2	Otokorelasyon var
Baltagi- Wu LBI	0.652 < 2	Otokorelasyon var
Pesaran	0.000 < 0.05	Birimler arası korelasyon vardır
Friedman	0.000 < 0.05	Birimler arası korelasyon vardır
Frees	0.803 > 0.161	Birimler arası korelasyon vardır

Buna ek olarak, her iki panel veri modelinde de otokorelasyon, heteroskedasite ile birimler arası korelasyonun varlığı gibi varsayımdan sapmalar sınanmıştır. Tablo 8 ve 9'da gösterildiđi gibi, hem BRICS hem de G7 modellerinde varsayımdan sapmaların var olduđu anlaşılmaktadır.

Şöyle ki, her iki modelde de heteroskedasite için Wald test istatistiđi olasılık deęeri 0.05'ten küçük olduđundan %5 anlam düzeyinde H0 hipotezi reddedilmekte ve heteroskedasite olduđu kabul edilmektedir. Ayrıca, Durbin Watson testi ve Baltagi-Wu tarafından önerilen LBI test istatistikleri otokorelasyonu ölçmek adına kullanılmıştır. Görüldüğü gibi tesadüfi etkiler modellerinde her iki test için de deęerler kritik deęer olarak kabul edilen 2'den küçüktür. Bu durumda, tesadüfi etkiler modellerinde birinci mertebeden otokorelasyonun var olduđu tespit edilmiştir. Son olarak, her iki modelde de birimler arası korelasyon Pesaran, Friedman ve Frees'in testleri ile sınanmıştır. Bu test sonuçlarına göre, H0 hipotezi reddedilmiş ve birimler arası korelasyon olduđu doğrulanmıştır. Bu durumda, hem BRICS hem G7 modelinde otokorelasyon, heteroskedasite ile birimler arası korelasyonun varlığı anlaşıldığından dirençli tahminciler arasında yer alan Driscoll-Kraay tahmincisi ile tahminler yapılarak nihai sonuçlar elde edilmiştir ve bu sonuçlar Tablo 10 ile 11'de gösterilmiştir.

Tablo 10. BRICS Driscoll-Kraay Standart Hatası Sonuçları

Bağımsız			
Deęişkenler	Katsayılar	Standart Hata	Olasılık Deęeri
redk	-0.00834	0.00117	0.000
vol	-0.00069	0.0003	0.027
fdi	0.01274	0.00088	0.000
tariff	-0.00026	0.01402	0.985
gdpg	-0.02198	0.01227	0.083

Tablo 11. G7 Driscoll-Kraay Standart Hatası Sonuçları

Bağımsız			
Deęişkenler	Katsayılar	Standart Hata	Olasılık Deęeri
redk	-0.01726	0.00318	0.000
vol	0.24915	0.20944	0.244
fdi	0.00251	0.0006	0.000
tariff	0.00108	0.0046	0.816
gdpg	-0.02198	0.00936	0.026

Ampirik bulgular, BRICS ülkelerinde reel döviz kuru oynaklıklarının ihracat hacmi üzerindeki etkisini doğrularken, G7 ülkelerinde reel döviz kuru oynaklığının ihracat hacmi üzerinde etkisi bulunmamıştır. BRICS ülkelerinde reel döviz kuru ve bu kurun oynaklığı istatistiksel olarak anlamlı ve ihracat hacmi üzerindeki etkisi negatiftir. Yani reel döviz kuru ve döviz kuru oynaklığındaki artış ihracat hacmini azaltıcı bir etkiye yol açmaktadır. Böylece gelişmekte olan ülkeler, döviz kuru oynaklıkları ve döviz kuru hareketlerinden olumsuz anlamda etkilenmekte ve ihracat hacimleri azalmaktadır. Ayrıca döviz kurunda yaşanan oynaklıkların ihracat hacmi üzerinde negatif etkiye yol açtığı Rose (2000), De Grauwe ve Skudelny (2000) ve Baak (2004) gibi yazarların çalışmalarıyla da desteklenmektedir.

G7 açısından değerlendirirsek, reel döviz kuru istatistiksel olarak anlamlı olmasına karşın reel döviz kuru oynaklığının anlamsız olduğu görülmektedir. Reel döviz kurundaki artış ihracat hacmini azaltmaktadır ve bu sonuç BRICS ile aynıdır. Ancak, G7 ülkelerinde döviz kuru oynaklığının ihracat hacmi üzerinde önemli bir etkisi bulunmamıştır. Yani bu ülkelerde döviz kuru oynaklıklarının ticaret hacmi üzerinde anlamsız ve önemsiz bir etkisinin bulunduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuç Aristotelous ve Fountas (2000), Herwartz (2003) ve Tenreyro (2007) gibi çeşitli yazarlar tarafından da ileri sürülmüştür. Ayrıca hem BRICS hem de G7 için, reel döviz kurunda meydana gelen yüzdelik artışın ihracat hacmini azalttığını göz önünde bulundurursak genel anlamda ticaret teorisiyle uyumlu bir şekilde, yerli para biriminin değer kazanması karşılığında ihracat hacminin azaldığı anlaşılmaktadır.

Bunun yanı sıra, hem BRICS hem de G7’de doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının ihracat hacmi üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı etkileri bulunmaktadır. Böylece, doğrudan yabancı sermaye yatırımlarında yaşanan yüzdelik artışların ihracat hacmini de arttırdığı ve iktisat teorisiyle uyumlu sonuçlar verdiği görülmektedir. Ayrıca, her iki modelde de ihracat hacmi üzerinde gayrisafi yurtiçi hasıla büyüme oranlarının (%10 için) negatif ve anlamlı etkisi bulunmaktadır. Buna karşılık, hem BRICS hem de G7 ülkelerinde tarife oranlarının ihracat hacmini açıklamada istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Yani tarife oranlarının ihracat hacmini açıklamada yetersiz olduğu belirtilmektedir.

Sonuç

Bu çalışmada, gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerin döviz kuru oynaklıklarının ihracat hacmi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda, BRICS (Hindistan hariç Brezilya, Rusya, Çin ve Güney Afrika) ve G7 (Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık, İtalya, Fransa, Japonya, Kanada) ülkeleri arasında karşılaştırmalı bir değerlendirme yapmak adına 1990 ve 2020 yılları arasında aynı değişkenlerden oluşan iki model kurularak panel veri analizi yapılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre, BRICS ülkelerinde reel döviz kuru oynaklığının ihracat hacmi üzerindeki etkisi doğrulanırken, G7 ülkelerinde reel döviz kuru oynaklığının ihracat hacmini etkilemediği anlaşılmıştır. Yani gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkelere olduğu gibi döviz kuru oynaklığından etkilenmemektedir. Böylece, gelişmiş ülkelerin para politikası araçlarını kullanarak döviz kurunda yarattığı değişiklikler kendi ihracat hacimleri üzerinde etkisiz kalırken gelişmekte olan ülkelerin bu değişiklikler karşısında daha çok etkilendiğini söyleyebiliriz. Şöyle ki, gelişmiş ülkelerin özellikle küresel finans krizinden sonra uyguladıkları para politikasına gelişmekte olan ülkelerin, Brezilya gibi, tepki göstermesinin yerinde olduğu aşıkardır. Sonuç olarak, 2008 krizinin ardından ABD’nin uyguladığı para politikası döviz kuru ve döviz kuru oynaklığına ilişkin tartışmaları yeniden alevlendirmiştir. Günümüz koşullarında, bu çalışma hem içinde bulunduğumuz ülke grubu olan gelişmekte olan ülkeler hem de gelişmiş ülkeler anlamında ve dahası küresel boyutta döviz kuru oynaklığına dikkat çekmeyi ve gelecek araştırmalar için faydalı olmayı amaçlamaktadır.

Gelişmekte olan ülkelere, döviz kuru oynaklığı ihracat hacmi üzerinde olumsuz bir etki yaratarak bu ülkelerin rekabet üstünlüğü elde etmeleri bir yana bu ülkelerin ticaret hacmini daraltmaktadır. Bu yüzden, gelişmekte olan ülkelerin döviz kurunda meydana gelen oynaklıklardan daha fazla etkilendiği ve ticari anlamda rekabet avantajı yakalayamadıkları anlaşılmaktadır. Nihayetinde, döviz kuru oynaklığının gelişmekte olan ülkelere ticaret daraltıcı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu yüzden, uluslararası ticareti arttırmak adına gelişmiş ülkelerin özellikle para politikası kararlarını uygularken gelişmekte olan ülkelerle iş birliği içinde hareket etmeleri önerilmektedir. Uluslararası iş birliği olmadan ve özellikle ABD tarafından da makro ekonomik politika önlemleri uygulanmadan küresel ticaret anlamında arzu edilen düzeye ulaşamayacağı aşıkardır. Bunun yanı sıra, döviz kurlarının tek başına ülkelerin cari hesap dengesizliklerini düzeltmede yetersiz kaldığı ve döviz kuru ayarlamalarına temel makro ekonomik politikalar eşlik etmedikçe istenilen rekabet gücüne ulaşamayacağı görülmektedir.

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:

Zeynep Morecek 0009-0003-0368-7987

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Ahmed, S., Appendino, M., Ruta, M. (2015). *Depreciations without exports? Global value chains and the exchange rate elasticity of exports*: The World Bank.
- Alobwede, S., Toh, T. (2017). The Effects of Global Financial Crisis on International Trade: Exchange Rate Volatility vs. Finance. Case of Cameroon. *Case of Cameroon (March 26, 2017)*.
- Aristotelous, K., Fountas, S. (2000). The Impact of the Exchange Rate Regime on Exports: Evidence from Bilateral Exports in the European Monetary System. *Journal of Economic Integration*, 15(3), 506-526. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/23000390>
- Baak, S. (2004). Exchange rate volatility and trade among the Asia Pacific countries. *East Asian Economic Review*, 8(1), 93-115.
- Baltagi, B. H. (2008). *Econometric analysis of panel data* (Vol. 4): Springer.
- Bergsten, C. F. (2013). Currency Wars, the Economy of the United States and Reform of the International Monetary System. *12th Stavros Niarchos Foundation Lecture. Peterson Institute for International Economics*.
- Berthou, A. (2008). An investigation on the effect of real exchange rate movements on OECD bilateral exports.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of econometrics*, 31(3), 307-327.
- Capuano, S., Stepanok, I. (2016). *Exchange rate effects of a potential Brexit on German-UK bilateral trade*. Retrieved from Institute for Employment Research, Current reports 11/2016.:
- De Grauwe, P., Skudelny, F. (2000). The impact of EMU on trade flows. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 136(3), 381-402.
- Eichengreen, B. (1987). Real exchange rate behavior under alternative international monetary regimes: interwar evidence.
- Ejaz, M., Zafar, T. (2016). The Impact of Exchange Rate Volatility on Demand for Pakistan’s Leather Goods Exports to China. *The Pakistan Development Review*, 469-490. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/44986500>
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 987-1007.
- Hepsađ, A. (2013). *ok deđiřkenli stokastik oynaklık modelleri: petrol piyasası ile finansal piyasalarda iřlem gren sanayi sektörü endeksi arasındaki oynaklık etkileřimini üzerine bir uygulama*. İktisadi Arařtırmalar Vakfı,
- Hericourt, J., Poncet, S. (2015). Exchange rate volatility, financial constraints, and trade: empirical evidence from Chinese firms. *The World Bank Economic Review*, 29(3), 550-578.
- Herwartz, H. (2003). On the (Nonlinear) Relationship between Exchange Rate Uncertainty and Trade - An Investigation of US Trade Figures in the Group of Seven. *Review of World Economics / Weltwirtschaftliches Archiv*, 139(4), 650-682. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40440981>
- Hondroyannis, G., Swamy, P. A. V. B., Tavlas, G., Ulan, M. (2008). Some Further Evidence on Exchange-Rate Volatility and Exports. *Review of World Economics / Weltwirtschaftliches Archiv*, 144(1), 151-180. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/41220010>
- Hooy, C.-W., Choong, C.-K. (2010). The Impact of Exchange Rate Volatility on World and Intra-trade Flows of SAARC Countries. *Indian Economic Review*, 45(1), 67-86. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/29793954>
- Jiang, W. (2014). The Effect of RMB Exchange Rate Volatility on Import and Export Trade in China. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 4(1), 615.
- May, J. B. (2010). International Financial Volatility and Commodity Exports: Evidence from the Thai Agricultural Sector. *American Journal of Agricultural Economics*, 92(3), 763-775. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40648018>
- Polodoo, V., Seetanah, B., Sannasee, R. V. (2016). Exchange Rate Volatility And Manufacturing Trade Evidence From Africa. *The Journal of Developing Areas*, 50(5), 241-256. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/26415585>
- Rashid, A., Waqar, S. M. (2017). Exchange rate fluctuations, firm size, and export behavior: an empirical investigation. *Small Business Economics*, 49(3), 609-625. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/44697609>
- Rose, A. K. (2000). One money, one market: the effect of common currencies on trade. *Economic policy*, 15(30), 08-45.
- Tenreyro, S. (2007). On the trade impact of nominal exchange rate volatility. *Journal of Development Economics*, 82(2), 485-508.
- Thorbecke, W., Kato, A. (2012). The effect of exchange rate changes on Germany’s exports. *Research Institute of Economy, Trade and Industry RIETI Discussion Paper Series*.
- Wang, K.-L., Barrett, C. B. (2007). Estimating the Effects of Exchange Rate Volatility on Export Volumes. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 32(2), 225-255. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40987362>
- Xie, Y. D., Baek, Y. (2020). Impact of Exchange Rate and Firm Heterogeneity on Exports Empirical Evidence from Four ASEAN Economies. *Journal of Southeast Asian Economies*, 37(2), 199-223. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/26938873>
- Yerdelen Tatođlu, F. (2020). Panel Veri Ekonometrisi (5. Baskı). *Beta Yayınları, İstanbul*.
- Yi, J. (2010). China’s equilibrium exchange rate dynamics 1994–2004: A cointegration analysis. *Frontiers of Economics in China*, 5(3), 375-392.

Atıf Biçimi / How cite this article

Morçişek, Z. (2024). Effect of exchange rate volatility on export volume in BRICS and G7 countries: Panel data analysis. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 41, 1-12. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.41.1308676>

A Monte Carlo Study of the Residuals of System Estimators in the Presence of Multicollinearity

Emmanuel Oduntan¹ 

¹(Dr.), American University of Nigeria, Department of Mathematics and Statistics, Adamawa State, Nigeria

ABSTRACT

Residual analysis is often used to evaluate the precision of the parameter estimates of econometric models. Analysis of residuals from regression is an important way of assessing the performance of a regression model in achieving the goal of accounting for the independent variable under the underlying assumption. With the Monte Carlo Simulation (MCS) of a data set of sample size 40 over varied replications $R = 20, 50, 100$ and 150 , we used residual analysis to study the relative performance of six estimators of a simultaneous equation model under varied multicollinearity conditions. We found that the two-stage least squares (2SLS), Limited Information Maximum Likelihood (LIML), and Three-Stage Least Squares (3SLS) estimators generated virtually similar estimates. This is in agreement with the theory. In addition, the results revealed that notwithstanding the level of multicollinearity, Ordinary Least Squares (OLS), followed by Indirect Least Squares (ILS), produced the lowest Sum of Squared Residuals (SSR) of parameter estimates, an indication of the robustness of OLS in the presence of multicollinearity. This result also showed that the single equation estimators (OLS and ILS) performed better than the system estimators under the condition of multicollinearity to which we subjected our model. Furthermore, the Sum of Squared Residuals (SSR) generated for cases of low multicollinearity are lower than those generated for cases of high multicollinearity.

Keywords: Residual Analysis, Simultaneous Equation Model, Monte Carlo Simulation, Estimators, Multicollinearity, Replications.

Introduction

Using the Monte Carlo Simulation framework proposed by Oduntan and Iyaniwura (2021), this paper applied a residual analysis based on the Sum of Squared Residuals (SSR) criteria to examine the performance of 6 estimators vis-à-vis, Full Information Maximum Likelihood [FIMF], Limited Information Maximum Likelihood [LIMF], Two-Stage Least Squares [2SLS], Three-Stage Least Squares [3SLS], Indirect Least Squares [ILS], and Ordinary Least Squares [OLS], in the presence of multicollinearity. The results show that OLS produced the lowest Sum of Squared Residuals (SSR), which is an indication of the robustness of OLS in the presence of multicollinearity.

Analysis of residuals from regression is an important way of assessing the performance of a regression model in achieving the goal of accounting for the independent variable under the underlying assumption. All residuals are expected to be small and unstructured. Structured residual or those that are non-random sheds a "bad light" on the regression. Most problems that are associated with the appointment of variables into the model as well as a choice of model estimator will turn up in the residuals. Model diagnostics is an integral part of model determination, and an important part of the model diagnostics is residual analysis (Farias and Branco, 2012). Analysis of the residuals plays an important role in validating the regression model. It is a powerful diagnostic tool, as it helps in assessing whether or not some underlying assumptions of regression have been violated. These violations may take a toll on the appropriateness of the model estimators. Residual analysis can be used as a powerful tool in model improvement (Zhuang, 2006)

Graphical and numerical analysis of residuals can be informative about model misspecification even when data are censored or grouped. (Chesher and Irish, 1987). In addition, many applied workers are strongly oriented to residual analysis for assessing model adequacy (Pagan and Hall, 1983). Using a normal linear model, Chesher and Irish (1987) developed procedures for calculating diagnostic statistics to detect model misspecification when grouped or censored data are analysed. Jalilian and Vahidi-Asl (2011),

Corresponding Author: Emmanuel Oduntan **E-mail:** emmanuel.oduntan@aun.edu.ng

Submitted: 08.10.2023 • **Revision Requested:** 24.09.2024 • **Last Revision Received:** 09.10.2024 • **Accepted:** 15.10.2024



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

in their study on the use of residual analysis for inhomogeneous Neyman-Scott models, stated that ‘residual analysis method has a good performance in assessing goodness-of-fit and revealing inadequacy of the fitted model’. Baddeley et al. (2005) defined residuals for point process models fitted to spatial point pattern data and proposed diagnostic plots based on them. They observed that ‘a plot of smoothed residuals against spatial location, or against a spatial covariate, is effective in diagnosing spatial trend or covariate effects’.

In the literature, many studies used residuals of parameter estimates from regression to assess the performance of the regression model in achieving the goal of accounting for the independent variable under the underlying assumption. Some of these studies are as follows: Albert and Chib (1995), Farias and Branco (2012), Ogata (1988), Pagan and Hall (1983), Schoenberg (2003), Clements, et al. (2011), Ardalani-Farsa, et al. (2010), Chaloner and Brant (1988) and Chaloner (1991).

Based on the expectation that the residuals should be small, in this paper, we conducted a numerical analysis of the residuals of our parameter estimates to examine the performance of our estimators in the presence of multicollinearity using the Monte Carlo Simulation (MCS). In section 2, we present the theoretical framework and empirical strategy of the study. Section 3 presents our results and discussions, while section 4 provides the conclusion of the study.

Materials and Methods

Theoretical Framework

Let

$$Y = F(X, \phi) + \mu \quad (1)$$

where $\mu \sim N(0, \sigma^2)$ satisfies the classical least squares assumptions.

Assign numerical values to ϕ , and σ^2 . On the basis σ^2 , select normal deviates to be used in generating μ . Select a random sample of size T for X and compute the numerical values of $F(X, \phi)$. Obtain vector Y by computing $F(X, \phi) + \mu$. Lastly, regress Y on X to generate $\hat{\phi}$

With the same sample size, repeat this process to facilitate the construction of the sampling distribution of ($\hat{\phi}$) and to investigate the stability of the results. We then evaluate the precision of $\hat{\phi}$ and make further evaluation of the efficiency of different estimators of ϕ , using the empirical distribution obtained.

Furthermore, as is well known, the OLS estimator $\hat{\phi}$ of ϕ is the minimizer of

$$Q = \sum_i (y_i - X\phi)^2$$

Hence, the residual from the model can be expressed as;

$$\hat{\epsilon}_i = (y - X\hat{\phi})$$

Using the Sum of Squared Residuals (SSR) criteria for the comparative analysis of the performance of different estimators on the basis of the residuals generated by each estimator, the estimator with the least SSR is ranked best among the others.

The Empirical Strategy

Adopting the Monte Carlo simulation strategy of Oduntan and Iyaniwura (2021), we assumed the model

$$\begin{aligned} y_{1t} &= \beta_{12}y_{2t} + \gamma_{11}X_{1t} + \gamma_{12}X_{2t} + u_{1t} \\ y_{2t} &= \beta_{21}y_{1t} + \gamma_{22}X_{2t} + \gamma_{23}X_{3t} + u_{2t} \end{aligned} \quad (2)$$

where

y's are endogenous variables

x's are exogenous variables

u's are disturbance terms

In the matrix form, equation 2 becomes

$$Y = X\phi + u$$

where

$$Y = [y_1, y_2], \quad X = [1 \ 1 \ 1 \ X_1 \ X_2 \ X_3 \ 1 \ 1 \ 1] \quad \phi = [\beta_1 \beta_2 \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3]$$

$$u = [u_1 \ u_2]$$

where $u \sim N(0, \sigma^2)$ satisfies the classical least squares assumptions.

We generated our data series as follows:

1. Set sample size = 40, for the purpose of this study. Arbitrarily assigned the following numerical values to the model's structural parameters.
2. Arbitrarily assigned the following numerical values to the model's structural parameters.

$$\beta_{12} = 1.8, \gamma_{11} = 1.2, \gamma_{12} = 0.6$$

$$\beta_{21} = 0.4, \gamma_{22} = 0.5, \gamma_{23} = 1.4 \tag{3}$$

3. Assign arbitrary values to the elements of the variance-covariance matrix of the disturbance terms at any given sample point.

$$\Omega = [4.5 \ 3.0 \ 3.0 \ 3.5] \tag{4}$$

4. Select the values of the predetermined variables X_{1t} , X_{2t} and X_{3t} from a pool of uniformly distributed random numbers with the correlation coefficients $r_{(x_1, x_2)}$, $r_{(x_2, x_3)}$ and $r_{(x_1, x_3)}$ defined as; (a) Low multicollinearity - insignificant at the 5(b) High multicollinearity - significant at the 1 This results in six sets of X' s defined as $r_{(x_1, x_2)}$, $r_{(x_2, x_3)}$ and $r_{(x_1, x_3)}$: Low Multicollinearity $r_{(x_1, x_2)}$, $r_{(x_2, x_3)}$ and $r_{(x_1, x_3)}$: High Multicollinearity
5. From a Normal (0,1) distribution, generate the values of U_{1t} and U_{2t} for each sample point using the following two-step procedure:

- (a) Draw independent series ε_t of random normal deviates $\sim N(0,1)$ from a pool of random normal deviates.
- (b) Transform the generated series into a series of random disturbances to guarantee conformity with the variance-covariance matrix Ω using the method presented by Nagar (1969) as described below:
Oduntan and Iyaniwura (2021), further define a positive definite matrix Σ such that

$$\Sigma = PP' \tag{5}$$

where P is an upper triangular matrix
Let

$$P = (S_{11} \ S_{21} \ 0 \ S_{22}) \tag{6}$$

Then

$$S_{22} = +\sqrt{\sigma_{22}}$$

$$S_{21} = \frac{\sigma_{12}}{S_{22}} \tag{7}$$

$$S_{11} = +\sqrt{(\sigma_{11} - S_{21}^2)}$$

We generated the random disturbance series using

$$u = P\varepsilon_t = \begin{pmatrix} u_{t1} \\ u_{t2} \end{pmatrix}$$

$$= P \begin{pmatrix} \varepsilon_{t1} \\ \varepsilon_{t2} \end{pmatrix} \tag{8}$$

$$= (S_{11} \ S_{21} \ 0 \ S_{22})(\varepsilon_{t1} \ \varepsilon_{t2})$$

Hence,

$$\begin{aligned} u_{t1} &= S_{11}\varepsilon_{t1} + S_{21}\varepsilon_{t2} \\ u_{t2} &= S_{22}\varepsilon_{t2} \end{aligned} \quad (9)$$

(vi) By reduced form, generate the endogenous variables from the values obtained for the X's and U's and the values assigned to the structural parameters.

Consider the model,

$$y_{1t} = \beta_{12}y_{2t} + \gamma_{11}X_{1t} + \gamma_{1t}X_{2t} + u_{1t}y_{2t} = \beta_2 y_{1t} + \gamma_{21}X_{2t} + \gamma_{2t}X_{3t} + u_{2t}$$

Rearranging, we have,

$$y_{1t} - \beta_{12}y_{2t} - \gamma_{11}X_{1t} - \gamma_{2t}X_{2t} - 0X_{3t} = u_{1t} - \beta_{21}y_{1t} + y_{2t} - 0X_{1t} - \gamma_{21}X_{2t} - \gamma_{23}X_{3t} = u_{2t}$$

or

$$BY_t + \Gamma X_t = u \quad (10)$$

Where,

$$\begin{aligned} B &= [1 - \beta_{12} - \beta_{21}1], \Gamma = [-\gamma_{11} - \gamma_{12}00 - \gamma_{21} - \gamma_{23}], \\ Y_t &= [y_{1t}y_{2t}], X_t = [X_{1t}X_{2t}X_{3t}], u = [u_{1t}u_{2t}] \end{aligned}$$

Rewriting Equation (10), we have

$$\begin{aligned} Y_t &= -B^{-1}\Gamma X_t + B^{-1}u \\ &= -\frac{1}{1 - \beta_{12}\beta_{21}} [1\beta_{21}\beta_{12}1] [-\gamma_{11} - \gamma_{12}00 - \gamma_{21} - \gamma_{23}] [X_{1t}X_{2t}X_{3t}] \\ &\quad + \frac{1}{1 - \beta_{12}\beta_{21}} [1\beta_{21}\beta_{12}1] [u_{1t}u_{2t}] \\ \text{where } B^{-1} &= \frac{1}{(1 - \beta_{12}\beta_{21})} [1\beta_{21}\beta_{12}1] \end{aligned} \quad (11)$$

Furthermore,

$$\begin{aligned} y_{1t} &= \left[\frac{\gamma_{11}}{1 - \beta_{12}\beta_{21}} \right] X_{1t} + \left[\frac{\gamma_{12} + \beta_{21}\beta_{21}}{1 - \beta_{12}\beta_{21}} \right] X_{2t} + \left[\frac{\beta_{12}\beta_{23}}{1 - \beta_{12}\beta_{21}} \right] X_{3t} + \left[\frac{\varepsilon_{1t} + \beta_{21}u_{2t}}{1 - \beta_{12}\beta_{21}} \right] \\ y_{2t} &= \left[\frac{\gamma_{11}\beta_{21}}{1 - \beta_{12}\beta_{21}} \right] X_{1t} + \left[\frac{\gamma_{11} + \beta_{21}\gamma_{21}}{1 - \beta_{12}\beta_{21}} \right] X_{2t} + \left[\frac{\gamma_{23}}{1 - \beta_{12}\beta_{21}} \right] X_{3t} \\ &\quad + \left[\frac{\beta_{12}u_{1t} + u_{1t}}{1 - \beta_{12}\beta_{21}} \right] \end{aligned} \quad (12)$$

We used equation 12 to produce the values of the dependent variables at each sample point.

6. The procedure described above is repeated over replications R = 20, 50, 100, 150, and

7. (viii) With the generated data sets for y_{1t} , y_{2t} , y_{3t} , X_{1t} , X_{2t} , and X_{3t} structural parameters were generated using FIML, 3SLS, LIMF, 2SLS, , ILS, and OLS estimators. (ix) Finally, we obtained the residuals of the estimates for further review and analysis.

The Estimators

If OLS is applied to an equation in a simultaneous model, there will usually be more than one current endogenous variable in the relation, and whichever variable is selected as the dependent variable, the remaining endogenous variables that are correlated with the disturbance term will appear in the equation as explanatory variables. Hence, the OLS will be biased and inconsistent. In the simultaneous equation models where the special assumptions of a recursive system are not valid, the valid estimating techniques are ILS, 2SLS, LIML, 3SLS and FIML.

Indirect Least Squares or Reduced-form Methods (ILS): This method of estimation involves the application of the ordinary least squares to each reduced-form equation of a model. Having obtained the reduced-form estimates in this way, the structural coefficients were obtained using the algebraic transformation of the relationships between the reduced-form and the structural coefficients of the model. ILS is a feasible estimation technique for an equation that is just identified.

Two-Stage Least Squares (2SLS): This is a single-equation method and is probably the most popular for estimating over-identified models. It is directly applied to the structural models. The objective of the two-stage least squares method is to reduce the correlation of the explanatory endogenous variables with error terms as much as possible so that the ordinary least squares method can be appropriately applied to each equation of the structural model. Where there exists exact identifiability, the 2SLS estimates are identical to the ILS estimates

Limited Information Maximum Likelihood (LIMF): This is a single-equation method that uses the principle of maximum likelihood. It is a “limited-information” method because it does not make full use of the information provided by the equations of the model other than those of the particular equation under consideration. The limited information it requires on the other equation of the model is the specification of the truly exogenous variables that are contained in those other equations. It is an appropriate method for estimating over-identified models. The LIML estimator has the same asymptotic variance-covariance matrix as 2SLS. However, the estimates of the asymptotic variances will differ.

Three-Stage Least Squares (3SLS): This method involves the application of the least squares method in three stages. The method is related to the two-stage least squares method in that the first two stages are similar to those of the two-stage method, while in the two-stage method, the two stages involve the structural-form equations of the model, and the first two stages of the three-stage least squares method involve the reduced-form equations of the model. In the third stage of the three-stage least squares method, the generalised least squares technique is applied to correct for any problem of heteroscedasticity that may arise in the model

Full Information Maximum Likelihood (FIMF): This is a system method based on the principle of maximum likelihood. It requires a full knowledge of the structure of the equations in the model. It is computationally more expensive than 3SLS as it involves the solution of non-linear equations. The most practical application of 3SLS and FIML occurs with fairly small models.

Results and Discussion

Our model is exactly identified (by Order and Rank conditions of identification). Hence, the unique estimates of the model are realisable. Two scenarios of the presence of multicollinearity were considered. Scenario 1 relates to cases where the correlation among the exogenous variables is significant at the 1% level designated as High Multicollinearity, while Scenario 2 relates to cases where the correlation among the exogenous variables is insignificant at the 5% level designated as Low Multicollinearity. We simulated a finite data set of sample size = 40 over replications R = 20, 50, 100 and 150 to evaluate the two cases of multicollinearity under consideration. The parameter estimates generated from our estimation are highlighted in tables 1 to 4.

Table 1. Average of Parameter Estimates for Sample Size=40 over Replications R=20

Estimator	Level of Multicollinearity	Parameter Estimates Equation 1			Parameter Estimates Equation 2		
		β_{12} (1.8)	γ_{11} (1.2)	γ_{12} (0.6)	β_{21} (0.4)	γ_{22} (0.5)	γ_{23} (1.4)
	Low	0.4880	2.0917	3.7904	1.9980	-2.0296	-12.0598
OLS	High	0.5207	3.3235	1.6274	1.9616	0.1875	-13.4809
	Low	8.3308	-39.5354	-99.5501	2.01144	-2.1363	-12.1603
LIML	High	1.0153	-1.8051	-4.4980	2.2571	-3.0877	-15.6055
	Low	8.3308	-39.5354	-99.5501	2.01144	-2.1363	-12.1603
2SLS	High	1.0153	-1.8051	-4.4980	2.2571	-3.0877	-15.6053
	Low	8.3308	-39.5354	-99.5501	2.01144	-2.1363	-12.1603
ILS	High	1.0153	-1.8051	-4.4980	2.2571	-3.0877	-15.6055
	Low	8.3308	-141.9700	-101.3660	2.0114	-2.1363	-12.16603
3SLS	High	1.0153	-4.4980	-1.7601	1.8784	0.3502	-12.3540
	Low	-0.5334	4.8014	23.9146	1.33489	2.2288	-2.6684
FIML	High	0.8351	1.2333	-1.7886	2.0405	0.0048	-14.6314

Table 1 presents the average of the parameter estimates when the sample size is 40 over 20 replications. A review of the estimates revealed that of the six estimators considered, LIML, 2SLS and ILS produced identical parameter estimates.

Table 2 presents the average of parameter estimates when the sample size is 40 over 50 replications. A review of the estimates revealed that of the six estimators considered, LIML and 2SLS produced identical parameter estimates.

Table 3 presents the average of parameter estimates when the sample size is 40 over 100 replications. Here, similar to the case of 50 replications, LIML and 2SLS produced identical parameter estimates.

Table 4 presents the average of the parameter estimates when the sample size is 40 over 150 replications. Under this scenario, of

Table 2. Average of Parameter Estimates for *Sample Size=40 over Replications R=50*

Estimator	Level of Multicollinearity	Parameter- Estimates Equation 1			Parameter Estimates Equation 2		
		β_{12} (1.8)	γ_{11} (1.2)	γ_{12} (0.6)	β_{21} (0.4)	γ_{22} (0.5)	γ_{23} (1.4)
	Low	0.5045	2.2038	3.3187	1.9785	-1.2544	-12.0612
OLS	High	0.5032	4.0824	1.3123	1.9463	0.2618	-13.2990
	Low	3.2581	-19.6020	-25.4824	1.8961	-0.9107	-11.5692
LIML	High	1.4652	10.9583	-24.8366	3.9684	-38.1473	-18.3811
	Low	3.2581	-19.6020	-25.4824	1.8961	-0.9107	-11.5692
2SLS	High	1.4652	10.9583	-24.8366	3.9684	-38.1473	-18.3811
	Low	2.0035	-0.1073	-2.6265	0.6312	-1.415	2.1547
ILS	High	4.0433	2.3715	-2.2671	0.6342	-39.129	7.3114
	Low	3.2582	-60.6614	-26.2084	2.0034	-1.4163	-12.801
3SLS	High	1.4652	-24.8340	11.0163	1.9563	0.1316	-13.289
	Low	-19.6766	-194.468	568.2325	45.6193	-195.3530	-748.395
FIML	High	0.5733	8.7574	-3.2427	1.9434	0.3035	-13.4245

Table 3. Average of Parameter Estimates for *Sample Size=40 over Replications R=100*

Estimator	Level of Multicollinearity	Parameter Estimates Equation 1			Parameter Estimates Equation 2		
		β_{12} (1.8)	γ_{11} (1.2)	γ_{12} (0.6)	β_{21} (0.4)	γ_{22} (0.5)	γ_{23} (1.4)
	Low	0.5121	2.3426	2.9612	1.9638	-0.7421	-12.4434
OLS	High	0.5073	3.9340	1.3713	1.9448	0.1395	-13.1436
	Low	1.6505	-3.4215	-11.9137	2.0076	-0.8488	-13.5513
LIML	High	1.0365	-0.6845	48.8241	3.7157	-23.8199	-24.1025
	Low	1.6505	-3.4215	-11.9137	2.0076	-0.8488	-13.5513
2SLS	High	1.0365	-0.6845	48.8241	3.7157	-23.8199	-24.1025
	Low	2.0178	0.2571	-0.7066	0.5208	-0.9126	1.4084
ILS	High	3.6042	0.1563	0.7701	0.6334	-22.1673	5.2065
	Low	1.6427	-23.9515	-12.2718	2.0593	-1.0705	-14.1672
3SLS	High	1.0366	-4.5398	0.6456	1.9414	0.0316	-12.9156
	Low	-9.4703	-95.3091	298.4402	23.8973	-97.9823	-382.582
FIML	High	0.6691	7.5479	-5.4429	1.9452	0.1703	-13.2548

the six estimators considered, only LIML and 2SLS generated identical parameter estimates. In summary, in tables 1 to 4, while LIML, 2SLS and ILS produced identical estimates over 20 replications, 50 replication appears to be the turning point for ILS as it dropped off in the production of similar estimates with LIML and 2SLS from 50 replications and above.

Furthermore, in tables 1 to 4, the values in parentheses are the suggested true values of the parameters. We designated the best estimators as those whose average estimates are closest to the true parameter value. For parameter β_{12} whose true value is 1.8, the best estimates are obtained from OLS for both low and high multicollinearity. Similarly, for parameter β_{21} whose true value is 0.4, the best estimates are obtained from OLS for both low and high multicollinearity. By theory, for an equation that is just identified, estimates of parameters obtained by 2SLS, LIML, ILS and 3SLS should be identical (Johnston 1991). From our results, 3SLS, 2SLS and LIML produced virtually similar estimates. For our residual analysis, the six estimators we considered were reclassified into 4 groups vis-à-vis: OLS, ILS, FIML and L23 (for LIML, 2SLS and 3SLS).

Table 4. Average of Parameter Estimates for *Sample Size =40 over Replications R=150*

Estimator	Level of Multicollinearity	Parameter Estimates Equation 1			Parameter Estimates Equation 2		
		β_{12} (1.8)	γ_{11} (1.2)	γ_{12} (0.6)	β_{21} (0.4)	γ_{22} (0.5)	γ_{23} (1.4)
	Low	0.5155	2.3845	2.8425	2.0237	-0.5955	-12.5358
OLS	High	0.5111	3.7765	1.4361	1.9514	0.1124	-13.2334
	Low	1.6329	-1.3810	-8.9139	1.9109	-0.3902	-12.6113
LIML	High	4.0277	-51.3888	9.3297	3.1286	-15.9798	-20.4538
	Low	1.6329	-1.3810	-8.9139	1.9109	-0.3902	-12.6113
2SLS	High	4.0277	-51.3888	9.3297	3.1286	-15.9798	-20.4538
	Low	1.9186	0.5685	0.6988	0.5188	-0.6004	1.5265
ILS	High	2.8916	-0.6146	-0.0614	0.5298	-14.0596	4.0739
	Low	1.4335	-15.0677	-9.1526	1.9654	-0.4785	-13.8968
3SLS	High	4.0278	-53.9570	-23.6568	1.9056	0.0891	-12.4936
	Low	-6.0768	-62.1419	198.4648	16.5661	-65.2997	-259.0820
FIML	High	0.6543	7.7370	-4.6519	-0.9192	11.2880	28.1733

Table 5 highlights the further evaluation of results in tables 1 to 4 using the Sum of Squared Residuals (SSR) of the parameter estimates. Hence, the performance of the estimators in the presence of multicollinearity was assessed on the basis of the analysis conducted on the SSR.

Table 5. Sum of Squared Residuals of Parameter Estimates (SSR)

Estimator	Level of Multicollinearity	Parameter Estimates Equation 1			Parameter Estimates Equation 2		
		β_{12} (1.8)	γ_{11} (1.2)	γ_{12} (0.6)	β_{21} (0.4)	γ_{22} (0.5)	γ_{23} (1.4)
	Low	0.5155	2.3845	2.8425	2.0237	-0.5955	-12.5358
OLS	High	0.5111	3.7765	1.4361	1.9514	0.1124	-13.2334
	Low	1.6329	-1.3810	-8.9139	1.9109	-0.3902	-12.6113
LIML	High	4.0277	-51.3888	9.3297	3.1286	-15.9798	-20.4538
	Low	1.6329	-1.3810	-8.9139	1.9109	-0.3902	-12.6113
2SLS	High	4.0277	-51.3888	9.3297	3.1286	-15.9798	-20.4538
	Low	1.9186	0.5685	0.6988	0.5188	-0.6004	1.5265
ILS	High	2.8916	-0.6146	-0.0614	0.5298	-14.0596	4.0739
	Low	1.4335	-15.0677	-9.1526	1.9654	-0.4785	-13.8968
3SLS	High	4.0278	-53.9570	-23.6568	1.9056	0.0891	-12.4936
	Low	-6.0768	-62.1419	198.4648	16.5661	-65.2997	-259.0820
FIML	High	0.6543	7.7370	-4.6519	-0.9192	11.2880	28.1733

From the SSRs in table 5, at both levels of multicollinearity, for the two equations and over all replications, OLS generally rendered the lowest SSR followed by ILS compared to other estimators. Thus, on the basis of our analysis of the residual, OLS performed best in all cases compared with other estimators in both equations. However, the SSRs generated for cases of low multicollinearity are lower than those generated for high multicollinearity. Furthermore, for equation 1, at low multicollinearity, OLS generated SSR values of 151.55, 170.10, 176.10 and 175.90 for replications R = 20, 50, 100 and 150., respectively. Hence, 100 replications appear to be the turning point in the performance of OLS at this instance. A similar turning point could not be

established for OLS in the case of high multicollinearity in equation 1. For equation 2, at low multicollinearity, OLS generated SSR values of 9.95, 20.51, 30.08 and 30.20 for replications $R = 20, 50, 100$ and 150 , respectively. Hence, for this case, the SSR progressively increased as the replications increased. Also for equation 2, at high multicollinearity, OLS generated SSR values of 27.64, 37.47, 39.90 and 37.32 for replications $R = 20, 50, 100$ and 150 , respectively, with a turning point at replication $R = 100$. Table 6 further highlights the performance of the six estimators on the basis of the SSR of the parameter estimates and also in terms of the reclassification adopted above (OLS, ILS, FIML and L23 (for LIML, 2SLS and 3SLS)).

Table 6. Performance of Estimators using the Sum of Squared Residuals (SSR)

Estimator	Level of Multicollinearity	Parameter Estimates Equation 1			Parameter Estimates Equation 2		
		β_{12} (1.8)	γ_{11} (1.2)	γ_{12} (0.6)	β_{21} (0.4)	γ_{22} (0.5)	γ_{23} (1.4)
	Low	0.5155	2.3845	2.8425	2.0237	-0.5955	-12.5358
OLS	High	0.5111	3.7765	1.4361	1.9514	0.1124	-13.2334
	Low	1.6329	-1.3810	-8.9139	1.9109	-0.3902	-12.6113
LIML	High	4.0277	-51.3888	9.3297	3.1286	-15.9798	-20.4538
	Low	1.6329	-1.3810	-8.9139	1.9109	-0.3902	-12.6113
2SLS	High	4.0277	-51.3888	9.3297	3.1286	-15.9798	-20.4538
	Low	1.9186	0.5685	0.6988	0.5188	-0.6004	1.5265
ILS	High	2.8916	-0.6146	-0.0614	0.5298	-14.0596	4.0739
	Low	1.4335	-15.0677	-9.1526	1.9654	-0.4785	-13.8968
3SLS	High	4.0278	-53.9570	-23.6568	1.9056	0.0891	-12.4936
	Low	-6.0768	-62.1419	198.4648	16.5661	-65.2997	-259.0820
FIML	High	0.6543	7.7370	-4.6519	-0.9192	11.2880	28.1733

The estimator that generated the lowest SSR is classified as a Good Performer, while the estimator with the next lowest SSR is displayed in brackets. Estimators that generated large numerical SSRs are classified as Large SSRs. These results confirm the superiority of OLS at both levels of multicollinearity for both equations in the model and over the different replications considered. From table 6 it can be deduced that generally, OLS yielded the lowest SSR followed by ILS, while the system estimators generally produced a large SSR.

Conclusions

In a Monte Carlo Simulation (MCS) study, we analysed the residuals of our parameter estimates with a view to evaluating the relative performance of six system estimators (OLS, ILS, 2SLS, 3SLS, LIML and FIML) under varied levels of multicollinearity. Our simultaneous equation model was estimated with a Monte Carlo simulated data set of sample size 40 over different replications $R = 20, 50, 100$ and 150 . We found that, in line with theory and as also confirmed by Johnston (1991) for the just identified equation, the 3SLS, LIML and 2SLS estimators produced virtually identical estimates. For the OLS in equation 1, replication $R = 100$ appears to be the turning point in the progressive rise of the SSR. The results revealed that irrespective of the magnitude of multicollinearity, OLS yielded the lowest SSR followed by ILS, while all the system estimators generated large SSRs. This result indicates the robustness of the OLS in the presence of multicollinearity. Also, the SSRs generated for cases of low multicollinearity are lower than those generated for cases of high multicollinearity. This is in agreement with the theory on the need to maintain low multicollinearity in econometric models for the optimal performance of the estimators.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

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

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

ORCID:

Emmanuel Oduntan 0000-0002-6115-480X

REFERENCES

- Albert J. and Chib S. (1995), “Bayesian residual analysis for binary response regression models”, *Biometrika*, Vol. 82, Issue 4, No. 1, pp. 747–769.
- Ardalani-Farsa M. and Zolfaghari S. (2010), “Chaotic time series prediction with residual analysis method using hybrid Elman–NARX neural networks”, *Neurocomputing*, Vol. 73, Issues 13–15, pp. 2540-2553.
- Baddeley, A., Turner, R., Moller, J. and Hazelton, M. (2005), “Residual Analysis for Spatial Point Processes” *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Statistical Methodology)* Volume 67, No. 5, pages 617-666.
- Chaloner, K. and Brant, R. (1988), “A Bayesian approach to outlier detection and residual analysis”, *Biometrika*, Volume 75, Issue 4, 1, pages 651–659.
- Chaloner K. (1991), “Bayesian residual analysis in the presence of censoring”, *Biometrika*, Vol. 78, Issue 3, No. 1, pp. 637–644.
- Chesher A and Irish M (1987), “Residual analysis in the grouped and censored normal linear model”, *Journal of Econometrics*, Vol. 34, Issues 1–2, pages 33-61.
- Clements, R. A., Schoenberg, F. P. and Schorlemmer, D. (2011), “Residual Analysis Methods for Space-Time Point Processes with Applications to Earthquake Forecast Models in California”. *The Annals of Applied Statistics* Vol. 5, No. 4, pages. 2549-2571.
- Farias R. B. A. and Branco M. D. (2012), “Latent residual analysis in binary regression with skewed link”, (Contributions to the 10th Bayesian Statistics Brazilian Meeting), *Brazilian Journal of Probability and Statistics*, Vol. 26, No. 4, pp. 344 357.
- Johnston, J. (1991), *Econometrics Methods*, McGraw–Hill Book Company.
- Schoenberg F. P. (2003), “Multidimensional Residual Analysis of Point Process Models for Earthquake Occurrences”, *Journal of the American Statistical Association* Vol. 98, No. 464, pages 789-795.
- Jalilian, A. H. and Vahidi-Asl, M. Q. (2011), “Residual Analysis for Inhomogeneous Neyman-Scott Processes”, *Scandinavian Journal of Statistics*. Volume 38, No. 4, pages 617-630.
- Nagar, A.L. (1960), “A Monte Carlo Study of Alternative Simultaneous Equation Estimators”, *Econometrica*, Vol. 28, No. 3, pages 573-590.
- Oduntan, Emmanuel A. and Iyaniwura, J. O. (2021) "A Monte Carlo Simulation Framework on the Relative Performance of System Estimators in the Presence of Multicollinearity" *Cogent Social Sciences*, Vol. 7, Issue 1.
- Ogata Y. (1988), “Statistical Models for Earthquake Occurrences and Residual Analysis for Point Processes”, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 83, Issue 401.
- Pagan, A.R. and Hall, A.D. (1983), “Diagnostic tests as residual analysis”, *Econometric Reviews*, Volume 2, Issue 2.
- Zhuang J. (2006), “Second-Order Residual Analysis of Spatiotemporal Point Processes and Applications in Model Evaluation”, *Journal of the Royal Statistical Society, (Statistical Methodology), Series B*, 68, No. 4.

How cite this article

Oduntan, E. (2024). A monte carlo study of the residuals of system estimators in the presence of multicollinearity. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 41, 13-21. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.41.1251589>

Bubble Spillover of Assets: Evidence from the Exchange Rates of Some Newly Industrialized Countries

Savaş Tarkun¹ , Mehmet Çınar² 

¹(Dr.), Non-affiliated, Ankara, Türkiye

²(Prof. Dr.), Bursa Uludağ University, Department of Econometrics, Bursa, Türkiye

ABSTRACT

This study investigates the bubble assets of exchange rates in some newly industrialized countries, including Brazil, Indonesia, Mexico, South Africa, and Thailand. This study aims to determine the bubble assets in the exchange rates of the relevant countries according to the critical values obtained from the GSADF unit root test and Monte Carlo simulation, using weekly data for 01/06/2019–04/03/2023. Then, the presence of some of the information in the GSADF variable of the other country in the current values of the GSADF variable obtained for each country's exchange rate is examined. The study's findings show that there is bidirectional causality between the Mexican Peso and the currencies of other countries in the bubble series for each of the five countries. Similar results were found for bidirectional causality between all countries except the South African Rand and the Thai Baht. These findings show that the Mexican Peso and the South African Rand are the currency parity of the countries that both emit and receive the bubbles that occur in the countries in the study.

Keywords: NIC Countries, Exchange Rate, Bubble Presence, Bubble Spillover

Jel Classification: C22, G01, F31

Introduction

Financial asset bubbles have the potential to severely impact both investor wealth and societal welfare, as observed in major crises such as the Dot-Com bubble in the late 1990s (DeLong & Magin, 2006) and the U.S. real estate bubble in 2008. These episodes and historical bubbles like the Tulip Frenzy (Brunnermeier, 2016; Jones, 2016) and the South Sea Bubble (Temin & Voth, 2004) demonstrate that bubbles can transcend national borders and disrupt global markets.

In financial markets, a bubble generally occurs when an asset's price significantly deviates from its fundamental value, often due to speculative trading. This study aims to detect bubbles and their spillover effects in the exchange rates of selected newly industrialized countries—Brazil, Indonesia, Mexico, South Africa, and Thailand—using the GSADF test. By examining the causal relationships and interconnected patterns of bubbles among these countries, this research offers new insights into how speculative bubbles propagate across exchange rates.

The primary research questions guiding this study are as follows:

Do bubbles in the exchange rates of these countries display interconnected or spillover patterns?

Can past bubble formations in one country's exchange rate help explain those in another?

Which exchange rates act as the primary transmitters and receivers of the bubbles?

This study contributes to the literature by providing empirical evidence on bubble transmission between the exchange rates of emerging economies. Findings from this research could inform policymakers about the risks associated with cross-border financial instabilities, helping them describe strategies to mitigate potential economic disruptions.

Corresponding Author: Savaş Tarkun **E-mail:** savastarkun@gmail.com

Submitted: 11.01.2024 • **Revision Requested:** 01.11.2024 • **Last Revision Received:** 02.11.2024 • **Accepted:** 06.12.2024



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

Literature Review

It has been observed that the examination of bubble assets with the GSADF test has been researched in the literature with a heavy emphasis on financial instruments. For example, it has been the subject of research into variables such as housing prices and investment tools such as stock markets, crypto assets, and exchange rates. The primary motivation of this study is to investigate whether the bubble assets that occur in the exchange rates of some newly industrialized countries in the explanation of their values in the current period and whether the lagged values of the bubbles in the exchange rates of other countries contribute to the explanation of the bubbles in the current period. Therefore, in this study, the fact that no study has been conducted in the literature on the propagation of bubble assets reveals the study's originality.

Mandacı and Çağlı (2018) examined the bubble assets with the housing prices in Turkey. On the other hand, Gökçe and Güler (2020) discussed the bubble assets in the province of Ankara in their studies on the housing bubble. In another study on the housing market, bubble assets were found at various times when examining the essential cities of Turkey (Abioğlu, 2020). Another study investigated the presence of bubbles in housing prices across Turkey and in the TR71 region (Kartal, 2022). Asal (2019) examined the bubble assets in-house prices in Sweden. Another study provides evidence from Japan's asset price bubble in the 1980s and 1990s (Hu & Oxley, 2018a). Another study proposes how bubble assets can be obtained in the real estate market (Lai et al., 2009; Escobari & Jafarnejad, 2016). Liu et al. (2016) considered the bubbles in housing prices in China. One study provided evidence for speculative bubble assets in the US real estate market (Naoui & Bassem, 2015). It examines the presence of bubbles in regional housing prices in the US (Hu & Oxley, 2018b). Joyeux and Milunovich (2015) investigated speculative bubbles in global real estate investment trusts. Chen and Funke (2013) investigated bubble assets in the housing market in Germany. A similar study was conducted for the housing market in Australia (Shi et al., 2016; Supervised et al., 2018).

They consider rational bubble assets separately for indices within BIST (Çağlı & Mandacı, 2017; Çıtak, 2019). Kılıç (2020), on the other hand, examines the bubble assets in the stock markets of BRICS-T countries. In another study, the bubble assets of MIST countries in the stock markets are discussed (Yurtoğlu, 2022). One study provided evidence of bubble holdings in the emerging stock market (Liaqat et al., 2019). Almudhaf (2017) discussed bubble assets in the African stock market. Another study provides evidence from the Dow Jones market bubble assets during the COVID-19 era (Chang et al., 2021). Balcilar et al. (2016) examined the collapsing bubbles in the South African stock market. Another study provides examples of bubble holdings in cross-listed equities traded on the Chinese stock market (Pavlidis & Vasilopoulos, 2020). Pavlidis et al. (2017) examined the bubble assets in the forward and spot markets in their study. Another study revealed the bubble assets during the hyperinflation period that Germany experienced during the war periods (Pavlidis et al., 2012). Addresses bubble assets in alternative energy stocks in global indices in mid-2000 (Bohl et al., 2015). In one study, bubble assets in the Indonesian stock market were examined (Almudhaf, 2018). Explores bubble assets on the Nasdaq and S&P500 exchanges (Mulla et al., 2018).

On the other hand, Bettendorf and Chen (2013) investigated the bubble assets in the GBP/USD exchange rate. In another study, the BRICS and Turkey provided evidence of exchange rate bubbles (Yildirim et al., 2022). Jiang et al. (2015) examined bubble assets in the RMB-dollar exchange rate. Assaf (2018) explores the presence of bubbles in the prices of the art market. During the COVID-19 era, food price bubbles in countries known as the Fragile Eight have been addressed (Varlık, 2021). Another study provides evidence from bubble assets in the European Union Emissions Trading Program (Cretí & Joëts, 2017). Another study examined the bubble assets in China's Pu'er tea price (Dou et al., 2021). One study revealed the presence of bubbles in the commodity prices of various agricultural products (Areal et al., 2016).

Bubble assets have been investigated in the crypto money market, one of today's remarkable investment tools. Güleç and Aktaş (2019) detected speculative bubble assets in various cryptocurrencies in the crypto money market. Songur (2019), on the other hand, has concluded that there are many bubbles in the Bitcoin market based on the data from the 2015–2018 period. In another study, they examined the bubble assets in Bitcoin, Ethereum, and Ripple altcoins, which are the locomotives of the crypto money market (Mete et al., 2019). Some crypto assets in the crypto money market are being examined with Bitcoin, Iota, and Ripple altcoins (Şahin, 2020). Yılmaz (2022) investigated the bubble assets in the crypto money market during the COVID-19 period. In his study, Işıldak (2022) examined the bubble assets in Bitcoin, the most critical cryptocurrency in the crypto market. Similarly, Liv et al. (2021) attempted to identify the bubble periods in Bitcoin. One study explored speculative bubble assets in Bitcoin araştırmaktadır (Malhotra & Maloo, 2014; Da Costa De Souza et al., 2017; Demmler & Fernández Dominguez, 2022). The existence of bubbles in Bitcoin, the locomotive of the crypto money market, and Ethereum, the locomotive of altcoins, has been investigated (Corbet et al., 2018). Another study examined the existence and deflating of bubbles in Bitcoin (Kyriazis et al., 2020; Z. Z. Li et al., 2019).

Another application area was realized with precious metals. A study examines bubble asset prices in silver (Öncü, 2021). Another study provided evidence of bubbles in crude oil prices (Pavlidis et al., 2018; Khan et al., 2021). Another study addresses bubbles in commodity prices (Sanders & Irwin, 2010). On the other hand, Ozgur et al. (2021) examined the bubble assets in metal prices using GSADF and machine learning methods. In another study, he tried to determine the bubble periods in WTI prices

(Perifanis, 2019). Zhao et al. (2021) investigated the contagion of bubbles between the stock market and oil prices. On the other hand, Su et al. (2020) provided evidence from bubble assets in copper prices. Another study investigated the bubbles in fuel prices in developing economies (Ahmed et al., 2022). On the other hand, Tsvetanov et al. (2016) examined bubble assets for their future prices.

The existing literature predominantly focuses on identifying and analyzing asset bubbles across various financial instruments. However, there are a limited number of studies examining bubble spillovers between the exchange rates of newly industrialized countries and the potential impact of these bubbles on each other. Specifically, a comprehensive analysis of asset bubbles' international transmission tendencies and their effects on financial markets remains underexplored.

This study aims to fill this gap by investigating how bubbles in the exchange rates of newly industrialized countries influence each other. By providing new empirical insights into the process of bubble spillovers among exchange rates, this research contributes valuable knowledge for risk management strategies in international financial markets. The findings may offer policymakers essential information for fostering financial stability across countries.

Theoretical Framework

This study is grounded in the theory of speculative bubbles, which suggests that speculative bubbles can cause asset prices to deviate significantly from their intrinsic values due to investor behavior and market dynamics. According to this theory, bubbles form when investors drive asset prices upward based on expectations of future profits rather than current fundamentals, often leading to an unsustainable price level. Key concepts within this framework include market exuberance, herd behavior, and irrational expectations, which collectively contribute to price distortions in financial assets.

Additionally, this study draws on international finance theories that address the interconnectedness of global markets. Exchange rates, especially in emerging and newly industrialized economies, are susceptible to cross-border shocks due to trade relations, investor sentiment, and macroeconomic interdependencies. Theoretical models such as the Efficient Market Hypothesis (EMH) (Fama, 1970) and the contagion theory provide a foundation for analyzing how information or price changes in one country's currency can influence others, particularly through bubble spillovers.

Application Method: Right Tail Generalized Augmented Dickey-Fuller (GSADF) Test

Referring to the inadequacy of the SADF method proposed by Phillips, Wu, and Yu (2011) and performed for finding bubbles in detecting multiple bubbles, Phillips, Shi, and Yu (2015) developed the SUP ADF (GSADF) method to eliminate this deficiency. This method proposes an iterative backward regression technique for timestamp bubble formation (Phillips et al., 2015, p. 1045). Another difference from the SADF method is that instead of keeping the starting point of the iteration fixed, the GSADF method expands the sample scope by changing both the starting point and the ending point of the iteration in the flexible window (floating window) range. Therefore, the GSADF test is a right-tailed double iterative test for the ADF unit root test. The specification of the GSADF test proposed by PSY (2015) is obtained as in Equation 1 (Phillips et al., 2015, p. 1047):

$$\Delta y_t = \hat{a}_{r_1, r_2} + \delta_{r_1, r_2} y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \hat{\psi}_{r_1, r_2}^i \Delta y_{t-i} + \hat{\varepsilon}_t \quad (1)$$

Repeated ADF test regressions on sub-samples given recursively follow Equation 1 in the proposed test. In this test, besides changing the endpoint of the r_2 regression from r_0 (smallest window width) to 1, it also allows the starting point of to r_1 change within a suitable range from 0 to $r_2 - r_0$. Thus, the GSADF statistics are defined as the most significant ADF statistic in this double recursion over all applicable ranges of r_1 and r_2 . The GSADF statistics are shown with r_0 as in Equation 2 (Phillips et al., 2015, p. 1049):

$$GSADF(r_0) = \sup_{\substack{r_2 \in [r_0, 1] \\ r_1 \in [0, r_2 - r_1]}} \left\{ \frac{\frac{1}{2} r_w [W(r_2)^2 - W(r_1)^2 - r_w] - \int_{r_1}^{r_2} W(r) dr [W(r_2) - W(r_1)]}{r_w^{1/2} \left\{ r_w \int_{r_1}^{r_2} W(r)^2 dr - \left[\int_{r_1}^{r_2} W(r) dr \right]^2 \right\}^{1/2}} \right\} \quad (2)$$

While the related hypotheses are formed as $H_0: \delta=1$ and $H_1: \delta<1$ in the left-tail ADF test, the hypotheses are expressed as follows in the right-tail ADF test:

$H_0: \delta=1$ (has a unit root)

$H_1: \delta>1$ (contains an explosive unit root)

On the other hand, the GSADF in Equation 2 is briefly defined as (Phillips et al., 2015, p. 1049):

$$GSADF(r_0) = \sup_{\substack{r_2 \in [r_0, 1] \\ r_1 \in [0, r_2 - r_0]}} \left\{ ADF_{r_1}^{r_2} \right\} \quad (3)$$

This test identifies multiple bubbles, allowing the different window sizes to change from 0 to $r_2 - r_0$, which they highlighted in the SADF statistics proposed by Phillips et al. (2011) (Phillips et al., 2015).

Granger Causality Test

The basic idea behind Granger's (1969) causality analysis is to show the existence of a causal relationship between variables if the lagged values of another variable contribute to the explanation of this variable while explaining the value of a variable in the current period. In other words, if some amount of information carried by a time series is affected by the past values of another time series or can be explained by its historical values, there is a causal relationship between these two series. Suppose the two variables are X_t and Y_t . The equations proposed by Granger (1969) are given below:

$$X_t + b_0 Y_t = \sum_{j=1}^m a_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^m b_j Y_{t-j} + \varepsilon'_t \quad (4)$$

$$Y_t + c_0 X_t = \sum_{j=1}^m c_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^m d_j Y_{t-j} + \varepsilon''_t \quad (5)$$

The simple causality model will be valid if $b_0 = c_0 = 0$ given in Equations 4 and 5. Otherwise, according to the definition by Granger (1969), instant causality will be in question (İşığışık, 1994).

Unit Root Test

The Dickey-Fuller (DF) unit root test, which was introduced to the literature as the parametric unit root test of Dickey and Fuller (1979, 81), has been generalized and named the ADF unit root test. The unit root test proposed by Phillips and Perron (1988) is frequently used to determine stationarity. Accordingly, the intercept, trend, and intercept models of the ADF unit root test are shown in Equations 6 and 7:

Intercept ADF equation,

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \phi y_{t-1} + \beta_i \sum_{i=1}^m \Delta y_{t-i} + u_t \quad (6)$$

The Trend and Intercept ADF equation,

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \phi y_{t-1} + \beta_i \sum_{i=1}^m \Delta y_{t-i} + u_t \quad (7)$$

Since the PP test equations are similar to the ADF process, their equations are not specified to avoid repetition. The hypotheses for the relevant tests are the left-tail test and are as follows:

H_0 : $\delta=1$ (Series contains unit root / Series is non-stationary)

H_1 : $\delta<1$ (There is no unit root in the series/The series is stationary)

Application

In this section, the application proceeds in two different ways. First, the USD/BRL (Brazil), USD/IDR (Indonesia), USD/MNX (Mexico), USD/ZAR (South Africa), and USD/THB (Thailand) pairs, 06/01/2019-23/04/2023 The weekly data of the period and the Generalized Supremum Augmented Dickey-Fuller Test (GSADF test), which is frequently used in the research of multiple bubbles brought to the literature by Phillips, Shi, and Yu (2015), are determined by the related parties. First, the window size is:

$$(r_0 = 0.01 + 1.8\sqrt{T})$$

Eq. obtains it. In this equation, T is the number of observations. Therefore, the window size (r_0) was approximately 29. In the application made in Eviews 12, critical values were obtained by making 1000 replications with Monte Carlo simulation in the MATLAB program.

Table 1. GSADF Test Statistics and Critical Values

	USD/BRL	USD/IDR	USD/MNX	USD/ZAR	USD/THB
GSADF (test stat)	3.704935	2.310816	5.144073	3.109544	2.06401
(prob)	(0.0000)	(0.0310)	(0.0000)	(0.0010)	(0.0570)
Critical values:	99% level		2.643951		
	95% level		2.138363		
	90% level		1.858774		

Note: Critical values are based on a Monte Carlo simulation (run with MATLAB)

The results presented in Table 1 show the GSADF test statistics and critical values for the exchange rates of Brazil (USD/BRL), Indonesia (USD/IDR), Mexico (USD/MNX), South Africa (USD/ZAR), and Thailand (USD/THB). According to the findings, the GSADF test statistics for USD/BRL, USD/IDR, USD/MNX, and USD/ZAR exceeded the critical values obtained from the Monte Carlo simulation at the 5% significance level, indicating the presence of bubbles. For USD/THB, a statistically significant result was observed at the 10% significance level.

These results suggest a strong bubble presence in the USD/BRL, USD/MNX, and USD/ZAR exchange rates at the 0.90, 0.95, and 0.99 confidence intervals, while bubble indications are found at slightly lower confidence levels for the USD/IDR (0.90 and 0.95) and USD/THB (only 0.90). This indicates that speculative bubbles have formed in these currencies, with potential spillover effects across different time periods. The similar pricing patterns observed during specific periods across these exchange rates imply the likelihood of bubbles spreading internationally, driven by interactions between these exchange rates.

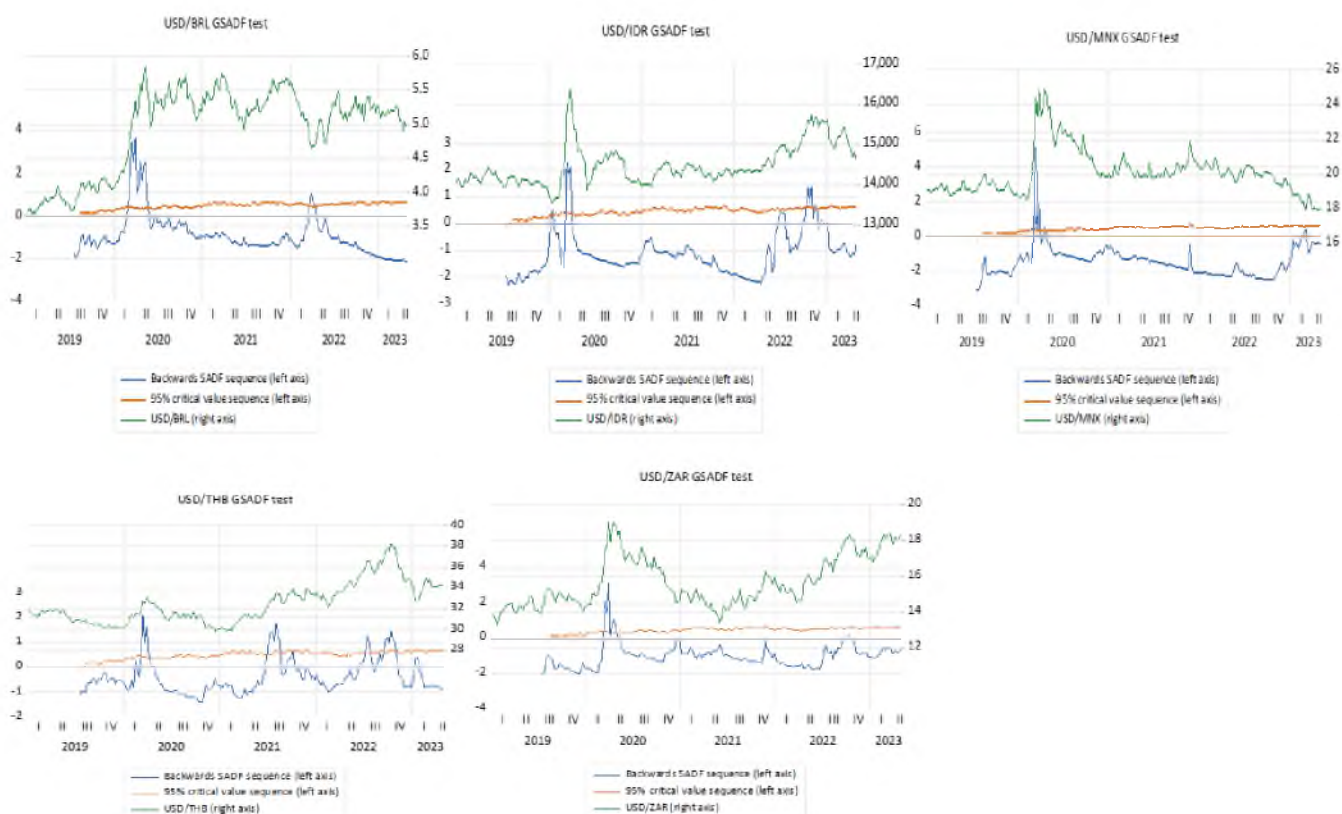
**Figure 1.** Bubble Formations Regarding the Exchange Rate

Figure 1 illustrates the bubble formations detected in the exchange rates of newly industrialized countries—USD/BRL (Brazil), USD/IDR (Indonesia), USD/MNX (Mexico), USD/ZAR (South Africa), and USD/THB (Thailand)—during the study period. Each bubble formation reflects periods in which exchange rates significantly deviated from their fundamental values, indicating speculative trading and potential instability.

The figure reveals that bubbles in the USD/IDR, USD/MNX, and USD/THB exchange rates occurred more frequently and for extended periods than those in the USD/BRL and USD/ZAR. Specifically, the most prolonged bubble periods are evident in the USD/THB exchange rate, with formations lasting up to seven weeks, while the USD/BRL and USD/ZAR exchange rates exhibit

shorter bubble durations. This variation indicates that certain currencies, like the Thai Baht, may be more prone to sustained speculative activity, potentially due to regional or macroeconomic factors unique to Thailand.

Additionally, the timing of these bubbles across currency coincides at certain intervals, implying a level of interconnectedness or contagion between these markets. For instance, simultaneous bubble occurrences in multiple currencies around the early months of 2020 may reflect broader economic uncertainties, possibly tied to the onset of the COVID-19 pandemic, which heightened volatility across global financial markets.

In summary, Figure 1 indicates that bubble dynamics differ across these exchange rates in duration and frequency, with notable synchronizations pointing to potential spillovers. This pattern emphasizes understanding cross-country speculative behavior and its implications for managing exchange rate risks in newly industrialized economies.

Table 2. Bubble Periods and Durations in the Exchange Rate

USD/BRL	USD/IDR	USD/MNX	USD/ZAR	USD/THB
03.01.2020- 05.17.2020 (12 Weeks)	01.19.2020 (1 Week)	03.08.2020- 03.15.2020 (2 Weeks)	03.15.2020- 03.29.2020 (3 Weeks)	03.08.2020- 04.05.2020 (5 Weeks)
03.20.2022- 04.10.2022 (4 Weeks)	03.15.2020- 03.29.2020 (3 Weeks)	03.29.2020 (1 Week)	04.12.2020- 04.26.2020 (3 Weeks)	07.04.2021- 08.15.2021 (7 Weeks)
	10.16.2022- 10.23.2022 (2 Weeks)	04.19.2020 (1 Week)		07.10.2022- 07.17.2022 (2 Weeks)
	11.13.2022- 11.20.2022 (2 Weeks)	02.26.2023 (1 Week)		09.18.2022- 10.23.2022 (6 Weeks)

Table 2 presents the bubble periods and durations identified for each currency and the economic conditions influencing these exchange rate bubbles. The emergence of the COVID-19 pandemic led to substantial global economic disruptions, which contributed to bubbles in exchange rates across various countries.

Two bubble periods were observed for the USD/BRL (Brazilian Real). The first occurred before the pandemic was officially declared from 03.01.2020 to 05.17.2020 (lasting 12 weeks). Political uncertainties, financial volatility, and weakened trade relationships increased the demand for the dollar, fostering bubble conditions. Between 03.20.2022 and 04.10.2022 (4 weeks), the second bubble appeared in the middle of global inflationary pressures and rising commodity prices, particularly affecting Brazil's agricultural exports.

The USD/IDR (Indonesian Rupiah) experienced four distinct bubble periods. On 01.19.2020 (lasting 1 week), early pandemic concerns prompted investors to shift away from riskier assets, creating a speculative spike in the exchange rate. From 03.15.2020 to 03.29.2020 (3 weeks), the declaration of the pandemic and a global shift towards safer assets added pressure on the rupiah. Later, between 10.16.2022 and 10.23.2022 (2 weeks), ongoing recovery challenges and Indonesia's external debt position contributed to speculative conditions. Finally, 11.13.2022 to 11.20.2022 (2 weeks) saw bubbles influenced by fluctuations in energy prices and Indonesia's import dependency, leading to the overvaluation of the rupiah.

For the USD/MXN (Mexican Peso) exchange rate, four bubble periods were identified. From 03.08.2020 to 03.15.2020 (2 weeks), the drop in oil prices—given Mexico's reliance on oil exports—put the peso under pressure. Brief bubbles also occurred on 03.29.2020 and 04.19.2020 (each lasting 1 week) due to ongoing economic uncertainty and trade tensions with the U.S. Another bubble, on 02.26.2023 (1 week), reflected inflationary concerns and pressures from Mexico's trade relations with the U.S.

Two bubbles emerged during the pandemic for USD/ZAR (South African Rand). The first, between 03.15.2020 and 03.29.2020 (3 weeks), aligned with the initial pandemic impacts on South Africa's resource-based economy, affecting export demand. Another bubble from 04.12.2020 to 04.26.2020 (3 weeks) resulted from extended COVID-19 uncertainties and a downturn in tourism revenues.

The USD/THB (Thai Baht) experienced four bubbles, partly due to Thailand's dependence on tourism. A prolonged bubble from 03.08.2020 to 04.05.2020 (5 weeks) coincided with losses in tourism revenue. Between 07.04.2021 and 08.15.2021 (7 weeks), optimism around economic recovery supported the baht. Shorter bubbles, from 07.10.2022 to 07.17.2022 (2 weeks) and 09.18.2022 to 10.23.2022 (6 weeks), were driven by inflationary pressures and rising import costs from fluctuating commodity prices.

These findings illustrate how global and domestic economic dynamics shaped each country's exchange rate bubbles, with COVID-19 and subsequent global economic shifts playing major roles.

The second application part of the study examines the causal relationship between the GSADF series obtained for each country's exchange rate and the GSADF test. The importance of this application is to determine whether the GSADF variable of any exchange rate can be explained by the lagged values of the GSADF variables of other exchange rates in explaining the current period value. The reason for using the GSADF series as a time series is that:

The foundation of using the blue line from Figure 1 as a time series lies in the theoretical basis of the GSADF test developed by Phillips, Shi, and Yu (2015). The GSADF test, grounded in Equation 1, builds upon a differenced form of the variable y_t , which captures explosive episodes in the data. This differencing process inherently creates a series that reflects deviations from the baseline, highlighting periods of potential bubbles as distinct intervals of explosive behavior.

In Equation 1, y_t is transformed into a form that isolates deviations and captures changes relative to previous values, which are tested recursively across flexible sample windows. This recursive testing yields a continuous measure of deviations, or explosive points, represented as a separate time series in the blue line in Figure 1. Theoretically, this differenced y_t series has all the characteristics of a time series, including temporal dependencies, which makes it analytically valid as an independent sequence.

Thus, by constructing the GSADF test on this differenced y_t , we obtain a series that can stand alone, representing fluctuations and periods of intense deviation as a continuous measure of speculative activity. This approach provides a robust basis for using the blue line as a time series, allowing us to explore further patterns and causative relationships within the data. Before performing the causality test, the stationarity levels of the variables were examined. In addition, the most appropriate lag lengths for the variables were determined. Accordingly, the ADF and PP unit root test results for the relevant exchange rate are shown in Table 3.

Table 3. Unit Root Test Results

	PP		ADF		
	At Level	With Constant	With Constant & Trend	With Constant & Trend	
	t-Statistic				
GSADF _{USD/BRL}	-2.8530	-3.4355	-2.5903	-3.3333	
(prob.)	(0.0529)	(0.0497)	(0.0967)	(0.0640)	
GSADF _{USD/IDR}	-3.3792	-3.4871	-3.4591	-3.5302	
	(0.0129)	(0.0435)	(0.0101)	(0.0389)	
GSADF _{USD/MNX}	-4.5374	-4.5862	-3.7238	-3.7907	
	(0.0002)	(0.0014)	(0.0044)	(0.0190)	
GSADF _{USD/THB}	-3.5761	-3.5744	-3.3005	-3.2717	
	(0.0071)	(0.0346)	(0.0162)	(0.0741)	
GSADF _{USD/ZAR}	-4.2428	-4.2317	-3.9422	-3.9593	
	(0.0007)	(0.0049)	(0.0021)	(0.0115)	

Table 3 presents the unit root test results for the exchange rate series, assessing the stationarity of each GSADF series for the currencies under study. To ensure robustness, the Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Phillips-Perron (PP) tests were conducted with constant and trend components.

The findings show that, at the 0.10 significance level, all GSADF series exhibit stationarity. For each currency, the calculated test statistics are below the critical values, leading us to reject the null hypothesis of a unit root. This result implies that the GSADF series for each currency is stationary, meaning that the series tends to revert to its mean over time and lacks a unit root. Consequently, the explosive behavior captured by the GSADF test is episodic rather than persistent, reinforcing the interpretation of bubbles as temporary phenomena that dissipate after certain periods.

These stationarity results validate the use of the GSADF series in further analysis, such as causality tests, by confirming the absence of long-term trends that could otherwise distort the detection of short-term bubble dynamics and spillover effects across the currencies.

Table 4. VAR Lag Order Selection

Lag	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	NA	0.023548	10.44069	10.52645	10.47543
1	1409.139	1.39E-05	3.005025	3.519588*	3.213487
2	87.03109	1.11E-05	2.780637	3.724002	3.162817
3	94.93717	8.37E-06	2.496417	3.868585	3.052315*
4	58.73971	7.71E-06	2.411326	4.212297	3.140943
5	57.56451	7.08e-06*	2.322720*	4.552493	3.226055
6	30.82930	7.64E-06	2.392148	5.050724	3.469201
7	41.73836*	7.64E-06	2.383899	5.471277	3.634670
8	35.18477	7.94E-06	2.410714	5.926895	3.835203

Note: * indicates the lag order selected by the criterion

Considering the information in Table 4, LR reaches the smallest value at seven delays, FPE and AIC at five delays, SC at one delay, and HQ at three delays. Therefore, the five lags determined by the FPE and AIC criteria were considered in this study. After determining the integration levels of the variables and the optimum lag lengths, the causality relationship between the GSADF variables obtained for each country is examined in Table 5.

Table 5. VAR Granger Causality

$\chi_{df,5}$	GSADF _{USD/BRL}	GSADF _{USD/IDR}	GSADF _{USD/MNX}	GSADF _{USD/THB}	GSADF _{USD/ZAR}
GSADF _{USD/BRL}	-	1.522495	20.58007	3.572804	10.70866
(prob)	-	(0.9105)	(0.0010)	(0.6124)	(0.0575) *
GSADF _{USD/IDR}	16.50864	-	11.72206	6.555814	25.46431
	(0.0055)	-	(0.0388)	(0.2558)	(0.0001)
GSADF _{USD/MNX}	37.2624	19.2943	-	12.25517	65.80208
	(0.0000)	(0.0017)	-	(0.0315)	(0.0000)
GSADF _{USD/THB}	3.405942	6.005125	18.38865	-	7.208941
	(0.6377)	(0.3057)	(0.0025)	-	(0.2056)
GSADF _{USD/ZAR}	21.4455	8.232068	12.42038	3.42867	-
	(0.0007)	(0.1439)	(0.0295)	(0.6342)	-

Not: * 0.10 indicates the level of significance.

Table 5 presents the Granger causality test results, examining whether past values of the GSADF series from one currency can predict or explain the current values of the GSADF series in another. The results offer insights into the interconnectedness and spillover effects among the currencies of the newly industrialized countries under study. The key findings from Table 5 indicate several significant causal relationships:

1. Bidirectional Causality: Bidirectional causality at the 0.05 significance level exists between

- USD/MXN (the Mexican Peso) and USD/ZAR (South African Rand)
- USD/BRL (Brazilian Real) and USD/MXN
- USD/MXN and USD/THB (the Thai Baht)

These bidirectional links indicate a strong feedback mechanism, where speculative bubbles in one currency can influence and be influenced by bubbles in another. Such relationships highlight the interconnected nature of these exchange rates, indicating that bubbles may propagate through these markets in both directions.

2. Unidirectional Causality: Unidirectional causality is observed from

- USD/MXN to USD/IDR (the Indonesian Rupiah) at the 0.05 level
- USD/ZAR to USD/THB at the 0.10 level

These unidirectional relationships imply that the Mexican Peso and South African Rand exert a one-way influence on the Indonesian Rupiah and Thai Baht, respectively. This unidirectional spillover effect indicates that bubbles in USD/MXN and USD/ZAR may trigger or amplify speculative behavior in USD/IDR and USD/THB without receiving reciprocal influence.

The dominant role of the Mexican Peso (USD/MXN) in multiple causal relationships reflects its position as a central currency in transmitting bubble effects to other markets in the study. Overall, these causality results reveal complex linkages among the

currencies, with both bidirectional and unidirectional influences suggesting that bubble dynamics in one market can significantly impact others, underlining the potential for cross-market contagion in speculative episodes.

Implications and Recommendations

Theoretical Implications

Enhanced Bubble Detection and Analysis: Applying the GSADF test and using the blue line as a new time series highlight an advanced methodology for identifying and analyzing bubbles. This approach provides a dynamic view of bubble periods across time, enabling researchers to track the temporal evolution of bubbles more effectively than traditional methods. The use of differenced y_t values from the GSADF outputs as a standalone time series presents a novel analytical avenue, as it captures explosive episodes while maintaining the statistical properties necessary for further causality and spillover analyses.

The interconnectedness of Bubble Dynamics: The Granger causality findings indicate that bubbles are not isolated phenomena but are likely to spill over across currencies, demonstrating complex bidirectional and unidirectional causal relationships. The Mexican Peso, for instance, acts as a significant transmitter of bubbles, influencing other currencies. This interconnectedness indicates that bubbles should be analyzed within individual markets and in the context of their influence on other financial systems. Theoretically, this supports the concept of bubble contagion, where speculative pressures in one market can propagate and destabilize others.

Stationarity as a Stabilizing Force: The stationarity of the GSADF series implies that bubbles are inherently mean-reverting, supporting the idea that speculative episodes are temporary and do not persist indefinitely. This characteristic aligns with the theoretical understanding of bubbles as episodic deviations from fundamental values, reinforcing models that incorporate bubbles as cyclical rather than permanently destabilizing forces.

Policy Recommendations

Monitoring Cross-Market Bubble Contagion: Given the bidirectional causality between certain exchange rates, policymakers should consider cross-market monitoring systems that detect early signs of bubble spillovers between related currencies. For example, any speculative activity in the Mexican Peso should be closely monitored for potential spillovers into the South African Rand, Thai Baht, and other linked currencies. Such monitoring could help policymakers preemptively address risks and implement interventions before bubbles spread across markets.

Implementing Macroprudential Controls: The presence of bubbles and their contagious effects call for stronger macroprudential policies that stabilize currency markets. Regulators in countries like Mexico, Brazil, and South Africa should explore targeted controls during speculative episodes, such as adjusting interest rates, reserve requirements, or temporary capital controls, to mitigate the impact of bubbles and prevent widespread financial disruptions.

International Policy Coordination: As bubble spillovers indicate a high degree of interdependence among emerging markets, particularly in the exchange rates of newly industrialized countries, international policy coordination becomes essential. Institutions such as the International Monetary Fund (IMF) could facilitate cooperative frameworks where countries exchange real-time data on speculative activity and synchronize intervention policies. Such coordination would enhance the effectiveness of domestic measures by preventing the unintended consequences of isolated policy actions.

Strengthening Economic Fundamentals: To reduce vulnerability to bubbles, policymakers should focus on bolstering economic fundamentals, such as improving trade balances, reducing external debt, and enhancing foreign exchange reserves. Strong economic fundamentals can create a buffer against speculative pressures, making it more difficult for bubbles to form or escalate.

By addressing the theoretical and policy implications of the findings, this study supports a comprehensive approach to understanding and managing exchange rate bubbles, emphasizing the need for proactive monitoring, regulatory measures, and international collaboration.

Conclusion

This study investigates the presence and dynamics of exchange rate bubbles among several newly industrialized countries, specifically Brazil, Indonesia, Mexico, South Africa, and Thailand, using the GSADF test. The findings confirm the occurrence of multiple bubble episodes across these currencies, particularly during significant global disruptions, such as the COVID-19 pandemic. The study identifies key bidirectional and unidirectional causality relationships among the currencies, highlighting the potential for bubble spillovers and interconnectedness in emerging markets.

The application of the GSADF test and the subsequent transformation of its output into a continuous time series provides a valuable methodological advancement. This approach allows for a more nuanced view of bubble formations, where bubbles are identified and tracked as evolving phenomena. The Mexican Peso, in particular, emerged as a central transmitter of bubble effects, influencing other countries' exchange rates within the sample. Furthermore, the stationarity of the GSADF series indicates that these bubbles are mean-reverting, supporting the notion of bubbles as cyclical deviations rather than long-term market distortions.

Recommendations for Future Research

1. Cross-Country Analysis with More Variables: Future studies could expand the analysis by incorporating more countries and variables, such as interest rates, stock indices, or commodity prices. This would provide a broader understanding of how exchange rate bubbles interact with other economic variables and could help uncover additional contagion pathways.
2. Macroeconomic Policy Impact on Bubbles: Examining the role of macroeconomic policies in moderating bubble effects would be valuable. Future research could analyze how different policy measures impact the formation, duration, and intensity of the exchange rate bubble, especially in emerging markets with volatile financial systems.
3. Network Analysis for Bubble Spillovers: Building on the causality findings, future research could implement network analysis to map the spillover effects among multiple currencies. This approach would provide a more detailed visualization of bubble contagion across markets, highlighting the currencies that act as central nodes in the bubble transmission.
4. Alternative Bubble Detection Methods: While the GSADF test effectively detects bubbles, comparing its results with alternative bubble detection methods, such as machine learning-based approaches or other recursive tests, could enhance its robustness and offer new perspectives on bubble identification.

In summary, this study contributes to the theoretical and empirical understanding of exchange rate bubbles in newly industrialized countries, emphasizing their interconnectedness and the transient nature of speculative episodes. By advancing bubble detection and exploring causality among currencies, this study provides a foundation for developing theoretical insights and practical policy measures to manage financial stability in emerging markets.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

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

Savaş Tarkun 0000-0002-2684-184X
Mehmet Çınar 0000-0001-8441-243X

REFERENCES

- Abioğlu, V. (2020). Türkiye Konut Piyasasında Balon Oluşumları: Bölgesel İnceleme [House Price Bubbles in Turkey: A Provincial Analysis]. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 12(22), 1–14. doi: 10.14784/marufacd.688444
- Ahmed, M., Irfan, M., Meero, A., Tariq, M., Comite, U., Rahman, A. A. A., Sial, M. S., & Gunnlaugsson, S. B. (2022). Bubble Identification in the Emerging Economy Fuel Price Series: Evidence from Generalized Sup Augmented Dickey–Fuller Test. *Processes*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/pr10010065>
- Almudhaf, F. (2018). Predictability, Price Bubbles, and Efficiency in the Indonesian Stock-Market. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, 54(1), 113–124. doi:10.1080/00074918.2017.1311007
- Areal, F. J., Balcombe, K., & Rapsomanikis, G. (2016). Testing for Bubbles in Agriculture Commodity Markets. *Economia Agraria y Recursos Naturales*, 16(1), 59–79. <https://doi.org/10.7201/earn.2016.01.04>
- Asal, M. (2019). Is there a bubble in the Swedish housing market? *Journal of European Real Estate Research*, 12(1), 32–61. <https://doi.org/10.1108/JERER-03-2018-0013>
- Assaf, A. (2018). Testing for bubbles in the art markets: An empirical investigation. *Economic Modelling*, 68(March), 340–355. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.08.004>
- Balcilar, M., Gupta, R., Jooste, C., & Wohar, M. E. (2016). Periodically Collapsing Bubbles in The South African Stock Market. *Research in International Business and Finance*, 38, 191–201. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2016.04.010>
- Bettendorf, T. and Chen, W. (2013). Are there bubbles in the Sterling-dollar exchange rate? New evidence from the sequential ADF tests. *Economics Letters*, 120(2), 350–353. doi:10.1016/j.econlet.2013.04.039
- Bohl, M. T., Kaufmann, P. and Siklos, P. L. (2015). What drove the mid-2000s explosiveness in alternative energy stock prices? Evidence from

- the U.S., European and global indices. *International Review of Financial Analysis*, 40, 194–206. doi:10.1016/j.irfa.2015.05.018
- Brunnermeier, M. K. (2016). Bubbles. In *Banking Crises* (Issue i, pp. 28–36). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/9781137553799_5
- Çağlı, E. Ç., & Mandacı, P. E. (2017). Borsa İstanbul'da Rasyonel Balon Varlığı: Sektör Endeksleri Üzerine Bir Analiz [The Existence of Speculative Bubble in Istanbul Stock Exchange: An Analysis on Sector Indices]. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 54(629), 63–76.
- Chang, T., Hsu, C.-M., & Wang, M.-C. (2021). Bubbles During COVID-19 Period: Evidence from the United States Using the Generalized Sub ADF Test. *HOLISTICA–Journal of Business and Public Administration*, 12(1), 49–56. <https://doi.org/10.2478/hjbpa-2021-0005>
- Chen, X. and Funke, M. (2013). Renewed Momentum in the German Housing Market: Boom or Bubble? In *SSRN Electronic Journal* (No. 4287). <https://doi.org/10.2139/ssrn.2286048>
- Çıtak, F. (2019). An Empirical Investigation of the Bubble in the Turkish Stock Market. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 5(2), 247–262. doi: 10.20979/ueyd.582296
- Corbet, S., Lucey, B. and Yarovaya, L. (2018). Datestamping the Bitcoin and Ethereum Bubbles. *Finance Research Letters*, 26, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2017.12.006>
- Cretf, A., & Joëts, M. (2017). Multiple bubbles in the European Union Emission Trading Scheme. *Energy Policy*, 107(April), 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.018>
- Da Costa De Souza, T., Carcanholo, H., Pereira, I. and Cândido De Souza, M. (2017). Cryptocurrencies Bubbles: New evidence. *The Empirical Economics Letters*, 16(7), 739–746. <https://www.researchgate.net/publication/316170102>
- DeLong, J. B. and Magin, K. (2006). A Short Note on the Size of the Dot-Com Bubble. In *National Bureau of Economic Research* (No. 12011; Issue January). <http://www.nber.org/papers/w12011>
- Demmler, M., & Fernández Dominguez, A. O. (2022). Speculative bubble tendencies in the time series of Bitcoin market prices. *Cuadernos de Economía*, 41(86), 159–183. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v41n86.85391>
- Dou, Z., Ji, M., Wang, M., & Li, H. (2021). Empirical analysis of Pu'er tea price bubble measurement based on the GSADF method. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 71(2), 81–90. doi:10.1080/09064710.2020.1845789
- Escobari, D. and Jafarnejad, M. (2016). Date stamping bubbles in Real Estate Investment Trusts. *Quarterly Review of Economics and Finance*, 60, 224–230. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2015.10.003>
- Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, 25(2), 383–417.
- Gökçe, A., & Güler, İ. (2020). Sağ-Yönlü ADF Sinamaları ile Ankara İlinde Konut Balonu Araştırması [Housing Bubble Research in Ankara Province with Right-Tailed ADF Tests]. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Özel Sayı*, 94–116.
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations using Econometric Models and Cross-Spectral Methods. *Essays in Econometrics Vol II: Collected Papers of Clive W. J. Granger*, 37(3), 31–47. <https://doi.org/10.1017/ccol052179207x.002>
- Güleç, T. C., & Aktaş, H. (2019). Kripto Para Piyasasında Spekülatif Fiyat Balonlarının Analizi [Analysis of Speculative Price Bubbles in Cryptocurrency Markets]. *Muhasebe ve Finansman Dergisi, Ekim*(84), 149–164. <https://doi.org/10.25095/mufad.625790>
- Hu, Y., & Oxley, L. (2018a). Bubble contagion: Evidence from Japan's asset price bubble of the 1980-90 s. *Journal of the Japanese and International Economies*, 50(July), 89–95. <https://doi.org/10.1016/j.jjie.2018.09.002>
- Hu, Y., & Oxley, L. (2018b). Bubbles in U.S. regional house prices: evidence from house price–income ratios at the State level. *Applied Economics*, 50(29), 3196–3229. doi:10.1080/00036846.2017.1418080
- İşığçok, E. (1994). *Zaman Serilerinde Nedensellik Çözümlemesi*. Uludağ Üniversitesi Basımevi.
- İşıldak, M. S. (2022). Kripto para piyasasında spekülatif baloncuklar: Bitcoin'den kanıtlar [Speculative bubbles in the cryptocurrency market: Evidence from Bitcoin]. *Business, Economics and Management Research Journal*, 5(3), 209–219.
- Jiang, C., Wang, Y., Chang, T. and Su, C. W. (2015). Are there bubbles in the Chinese RMB–dollar exchange rate? Evidence from generalized sup ADF tests. *Applied Economics*, 47(56), 6120–6135. doi:10.1080/00036846.2015.1064080
- Jones, G. (2016). *Banking Crises* (G. Jones (ed.)). Palgrave Macmillan UK. <https://doi.org/10.1057/9781137553799>
- Joyeux, R. and Milunovich, G. (2015). Speculative bubbles, financial crises and convergence in global real estate investment trusts. *Applied Economics*, 47(27), 2878–2898. <https://doi.org/10.1080/00036846.2015.1011310>
- Kartal, G. (2022). Konut Piyasasında Çoklu Balon Oluşumu: Türkiye Geneli ve TR71 Bölgesi Örneğinden Ampirik Deliller [Multiple Bubble Formation in The Real Estate Market: Empirical Evidence from Turkey and TR71 Region]. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(2), 343–360. doi:10.25287/ohuiibf.1002825
- Khan, K., Su, C. W., Umar, M., & Yue, X. G. (2021). Do Crude Oil Price Bubbles Occur? *Resources Policy*, 71(November), 101936. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101936>
- Kyriazis, N., Papadamou, S., & Corbet, S. (2020). A systematic review of the bubble dynamics of cryptocurrency prices. *Research in International Business and Finance*, 54, 101254. doi:10.1016/j.ribaf.2020.101254
- Lai, Y., Xu, H. and Jia, J. (2009). Study on Measuring Methods of the Real Estate Speculative Bubble. *Journal of Service Science and Management*, 02(01), 43–46. <https://doi.org/10.4236/jssm.2009.21006>
- Li, Y., Wang, Z., Wang, H., Wu, M., & Xie, L. (2021). Identifying price bubble periods in the Bitcoin market-based on GSADF model. *Quality and Quantity*, 55(5), 1829–1844. doi:10.1007/s11135-020-01077-4
- Li, Z. Z., Tao, R., Su, C. W., & Lobont, O. R. (2019). Does Bitcoin bubble burst? *Quality and Quantity*, 53(1), 91–105. doi:10.1007/s11135-018-0728-3
- Liaqat, A., Nazir, M. S., & Ahmad, I. (2019). Identification of Multiple Stock Bubbles in An Emerging Market: Application of GSADF Approach. *Economic Change and Restructuring*, 52(3), 301–326. doi:10.1007/s10644-018-9230-0
- Liu, T. Y., Chang, H. L., Su, C. W., & Jiang, X. Z. (2016). China's housing bubble burst? *Economics of Transition*, 24(2), 361–389. doi:

10.1111/ecot.12093

- Malhotra, A. and Maloo, M. (2014). Bitcoin is it a Bubble? Evidence from Unit Root Tests. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.2476378
- Mandacı, P. E., & Çağlı, E. Ç. (2018). Türkiye Konut Piyasasında Balon Var mı? İstatistiki Bölge Birimleri Üzerine Bir Analiz [Is There a Bubble in the Real Estate Market of Turkey? An Analysis on the Statistical Territorial Units]. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, Aralık(646), 85–113.
- Mete, S., Koy, A., & Ersoy, H. (2019). Kriptoparalarda Fiyat Balonu İncelemesi [Investigating Price Bubbles in Cryptocurrencies]. *Journal of BRSA Banking and Financial Markets*, 13, 105–120. <https://orcid.org/0000-0002-2506-6634>
- Mulla, P., Shalari, O. and Gumeni, A. (2018). Examination of the Occurrence of Speculative Bubbles in the US Stock Markets. *The Romanian Economic Journal*, XXI(67), 98–109.
- Naoui, K. and Bassem, A. (2015). Speculative bubbles and the real estate market application of the sequential ADF test. *American J. of Finance and Accounting*, 4(2), 113. <https://doi.org/10.1504/ajfa.2015.072592>
- Öncü, E. (2021). Gümüş Fiyatlarında Spekülatif Balonların Tespiti: GSADF Analizi [Detection of Speculative Bubbles in Silver Prices: GSADF Analysis]. *Ankara V. International Scientific Research Congress*, October, 391–397.
- Ozgun, O., Yilanci, V., & Ozbugday, F. C. (2021). Detecting speculative bubbles in metal prices: Evidence from GSADF test and machine learning approaches. *Resources Policy*, 74(August), 102306. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102306>
- Pavlidis, E. G., Paya, I. and Peel, D. A. (2012). *A New Test for Rational Speculative Bubbles using Forward Exchange Rates: The Case of the Interwar German Hyperinflation*. 1–26.
- Pavlidis, E. G., Paya, I. and Peel, D. A. (2017). Testing for Speculative Bubbles Using Spot and Forward Prices. *International Economic Review*, 58(4), 1191–1226. doi: 10.1111/iere.12249
- Pavlidis, E. G., Paya, I. and Peel, D. A. (2018). Using Market Expectations to Test for Speculative Bubbles in the Crude Oil Market. *Journal of Money, Credit and Banking*, 50(5), 833–856. doi: 10.1111/jmcb.12525
- Pavlidis, E. G., & Vasilopoulos, K. (2020). Speculative bubbles in segmented markets: Evidence from Chinese cross-listed stocks. *Journal of International Money and Finance*, 109, 102222. doi:10.1016/j.jimonfin.2020.102222
- Perifanis, T. (2019). Detecting West Texas Intermediate (WTI) Prices' Bubble Periods. *Energies*, 12(14), 1–16. doi:10.3390/en12142649
- Phillips, P. C. B., Shi, S. and Yu, J. (2015). Testing for multiple bubbles: Historical episodes of exuberance and collapse in the S&P 500. *International Economic Review*, 56(4), 1043–1078. doi: 10.1111/iere.12132
- Phillips, P. C. B., Wu, Y. and Yu, J. (2011). Explosive Behavior in the 1990s Nasdaq: When Did Exuberance Escalate Asset Values? *International Economic Review*, 52(1), 201–226.
- Şahin, E. E. (2020). Kripto Para Fiyatlarında Balon Varlığının Tespiti: Bitcoin, IOTA ve Ripple Örneği [Detection of Balloon Presence in Crypto-Currency Prices: Bitcoin, IOTA and Ripple Case]. *Selçuk Ün. Sos. Bil. Ens. Der.*, 0(43), 62–69. <http://dergisosyalbil.selcuk.edu.tr/susbed/article/view/1730>
- Shi, S., Valadkhani, A., Smyth, R. and Vahid, F. (2016). Dating the Timeline of House Price Bubbles in Australian Capital Cities. *Economic Record*, 92(299), 590–605. doi: 10.1111/1475-4932.12284
- Songur, M. (2019). Bitcoin Piyasasında Balonlar: Genelleştirilmiş Eküs ADF Testi [Bubbles in Bitcoin Markets: Generalized Sup ADF Test Mehmet]. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(6), 187–192. doi:10.18506/anemon.506466
- Su, C. W., Wang, X. Q., Zhu, H., Tao, R., Moldovan, N. C., & Lobonç, O. R. (2020). Testing for multiple bubbles in the copper price: Periodically collapsing behavior. *Resources Policy*, 65(January). <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101587>
- Supervised, A. R., Shi, P. S., Joyeux, P. R. and Faculty, E. (2018). *Speculative Bubble Detection in Australian Housing Markets*.
- Temin, P. and Voth, H. J. (2004). Riding The South Sea Bubble. *American Economic Review*, 94(5), 1654–1668. doi: 10.1257/0002828043052268
- Tsvetanov, D., Coakley, J., & Kellard, N. (2016). Bubbling Over! The Behaviour of Oil Futures Along The Yield Curve. *Journal of Empirical Finance*, 38(Part B), 516–533. <https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2015.08.009>
- Varlık, N. (2021). Kırılgan Sekizli'de Gıda Fiyat Balonlarının Saptanması: Küresel Kriz-Covid 19 Pandemi Dönemleri için Karşılaştırma [Detecting Food Price Bubbles in The Fragile Eight: Comparison for The Global Crisis-COVID 19 Pandemic Periods]. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 1123–1140.
- Yıldırım, H., Akdag, S., & Alola, A. A. (2022). Is there a price bubble in the exchange rates of the developing countries? The case of BRICS and Turkey. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 27(54), 247–261. doi: 10.1108/JEFAS-04-2021-0025
- Yılmaz, T. (2022). Kripto Paralarda Fiyat Balonu Keşfi: COVID-19 Pandemi Dönemi Üzerine Bir Araştırma [Discovery of Price Bubble in Cryptocurrencies: A Study on the COVID-19 Pandemic Period]. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 7(17), 90–103.
- Yurtoğlu, Y. (2022). Pay Senedi Piyasalarında Balon Varlığının Test Edilmesi: MIST Ülkeleri Örneği [Testing the Presence of Bubbles in Equity Markets: The Case of MIST Countries]. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(1), 410–427.
- Zhao, Z., Wen, H., & Li, K. (2021). Identifying bubbles and the contagion effect between oil and stock markets: New evidence from China. *Economic Modelling*, 94, 780–788. doi:10.1016/j.econmod.2020.02.018

How cite this article

Tarkun, S., & Çınar, M. (2024). Bubble spillover of assets: Evidence from the exchange rates of some newly industrialized countries. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 41, 22-33. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.41.1418412>

Kümeleme ve Birliktelik Kuralları Analizi İle Borsa İstanbul 100 Endeksinde Yer Alan Hisse Senetlerinin İncelenmesi*

Examination of Stocks in the Istanbul Stock Exchange 100 Index With Clustering and Association Rules Analysis

Damla Yalçın Çal¹ , Meltem Karaatlı² 

¹(Dr.), Bağımsız Araştırmacı, Isparta, Türkiye,

²(Prof. Dr.), Süleyman Demirel University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration, Isparta, Türkiye

*Bu çalışma Prof. Dr. Meltem Karaatlı danışmanlığında hazırlanan “Kümeleme ve Birliktelik Kuralları Analizi İle Borsa İstanbul 100 Endeksinde Yer Alan Hisse Senetlerinin İncelenmesi” başlıklı doktora tezinden yararlanılarak türetilmiştir (Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İşletme Bilim Dalı).

ÖZ

Bu çalışmada BIST 100 endeksi içinde yer alan şirketlere ait hisse senetlerinin birlikte hareketleri Kümeleme Analizi ve Birliktelik Kuralları Analizi ile incelenmiştir. Kümeleme Analizi için getiri, işlem hacmi (volume), fiyat oynaklığı, piyasa değeri, beta, piyasa değeri/defter değeri, özkaynaklar/ödenmiş sermaye, piyasa değeri/net satışlar (hasılat); birliktelik kuralları analizinde kapanış fiyatı değişken olarak kullanılmıştır. Çalışmada 06.12.2012-30.12.2022 dönemi incelemeye alınmıştır. Bu dönem için Kümeleme Analizi yapılmış daha sonra tüm hisse senetlerinin ve Kümeleme Analizi ile oluşan grupların kendi içerisinde birlikteliklerine bakılmıştır. Kümeleme Analizi için CLARA Algoritması kullanılmış, Birliktelik Kuralları Analizi için de FP-Growth Algoritmasından yararlanılmıştır. Kümeleme Analizi için R programlama dili, Birliktelik Kuralları Analizi içinde WEKA programı tercih edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, Kümeleme Analizi ile hisse senetlerinin birbirleriyle olan bağlantıları, ardından Birliktelik Kuralları Analizi ile hisse senetlerinin hangilerinin birlikte hareket ettiği görülmüştür. Bu durum hem bireysel hem de kurumsal portföy yöneticilerine, portföy çeşitlendirme sürecinde hangi hisse senetlerine yönelebilecekleri konusunda yardımcı olacaktır. Ayrıca çok dinamik bir yapıya sahip olan hisse senedi piyasalarında yukarı veya aşağı yönlü fiyat değişimlerinde birbirine eşlik eden hisse senetlerinin belirlenmesi, yatırımcılara potansiyel kârlardan pay alma imkânı sağlayacaktır. Birlikte hareketi tespit edilen hisse senetlerinden bir tanesinin fiyatında görülen yukarı veya aşağı yönlü harekete diğer hisselerin de eşlik edebileceği olasılığı potansiyel kârı oluşturmaktadır. Araştırmadan elde edilen temel bulgulara göre bankacılık alanında faaliyet gösteren şirketler arasında çok yoğun bir birliktelik tespit edilmiştir. Ayrıca sektörel anlamda aynı sektör içerisinde faaliyet gösteren ilaç, beyaz eşya, demir çelik, perakende, enerji, petrokimya ve üretim şirketleri arasında birliktelik görülmektedir. Aile grup şirketleri ve gayrimenkul yatırım ortaklığı içerisinde yer alan şirketler arasında da birliktelik olduğu belirlenmiştir.

ABSTRACT

In this study, the co-movements of the stocks of the companies in the BIST 100 index are analysed by Cluster Analysis and Association Rules Analysis. For the clustering analysis, yield, trading volume, price volatility, market value, beta, market value/book value, equity/paid capital, and market value/net sales (revenue) variables are used; for the association rules analysis, the closing price is taken as a variable. The period 06.12.2012 to - 30.12.2022 was analysed in the study. Cluster Analysis was conducted for this period, and the associations of all stocks and stocks for each cluster were also analysed. The CLARA algorithm was used for the cluster analysis, and the FP-Growth Algorithm was used for the association rules analysis. The R programming language was preferred for the cluster analysis, and the WEKA programme was preferred for the association rules analysis. Because of the study, Cluster Analysis was used to determine the interconnectedness of stocks and Association Rules Analysis was used to determine which stocks move together. This will help both individual and institutional portfolio managers in determining which stocks to focus on in the portfolio diversification process. In addition, identifying stocks that move in tandem with each other during upward or downward price changes in stock markets, which have a very dynamic structure, will provide investors with the opportunity to share in potential profits. The possibility that the upward or downward movement in the price of a stock whose co-movement is detected may be accompanied by other stocks constitutes potential profits. According to the main findings of the research, there

Corresponding Author: Damla Yalçın Çal E-mail: damlayalciner@gmail.com

Submitted: 21.05.2024 • Revision Requested: 05.09.2024 • Last Revision Received: 13.09.2024 • Accepted: 05.10.2024



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

is a very intense co-movement among the companies operating in the banking sector. In addition, there is a commonality among pharmaceutical, white goods, iron and steel, retail, energy, petrochemical and manufacturing companies operating in the same sector. There is also an association between family group companies and companies operating in real estate investment trusts.

Anahtar Kelimeler: Veri Madenciliği, CLARA Kümeleme Algoritması, FP-Growth Birliklilik Kuralları Analizi, Portföy Yönetimi, Hisse Seçimi

Keywords: Data Mining, CLARA Clustering Analysis, FP-Growth Association Rules Analysis, Portfolio Management, Stock Selection

EXTENDED SUMMARY

In this study, the joint movements of the stocks of the companies included in the BIST 100 index were examined. Clustering Analysis and Association Rules Analysis were chosen as the method in the study. For the cluster analysis, return, volume, price volatility, market value, beta, market value/book value, equity/paid capital, market value/net sales (revenue) variables; In the association rules analysis, the closing price is taken as a variable and covers the period 06.12.2012 to -30.12.2022. The co-movements of stocks in the specified period were examined. In addition, a cluster analysis was conducted for this period and the associations of stocks for each cluster were examined. Here, information is shared about investors making profits by investing in stocks that have been identified to move together. The CLARA Algorithm was applied for the Clustering Analysis and the FP-Growth Algorithm was applied for the Association Rules Analysis.

First, the clusterability of the dataset was tested by using Hopkins Statistics in the R Programme. After determining that the dataset was musterable, the number of clusters was determined using the Gap Statistics. The number of clusters was determined as 9, and the CLARA Clustering Algorithm was applied. As a result of the CLARA Clustering Algorithm: In the 1st Cluster, AEFES, AKSEN, ALBRK, BAGFS, COLA, DOHOL, GLYHO, GSDHO, IPEKE, ISGYO, KOZAA, NTHOL, SKBNK, SNGYO, TAVHL, TKFEN, TRGYO, TSKB, TTRAK, TURSG, and ULKER stocks are listed together. In this cluster, there are stocks of companies of different sizes and from different sectors... In Cluster 2, AGHOL, ALGYO, BRYAT, EGEEN, and KARTN stocks are listed together. Stocks like BRYAT, EGEEN, KARTN and AGHOL that in general have a high potential for free capital increase are in this group. In Cluster 3, AKBNK, GARAN, HALKB, ISCTR, VAKBN, and YKBNK stocks are listed together. It can be said that this cluster differs from other clusters because there are only banks in it. In Cluster 4, AKFGY, AKSA, ALARK, ALKIM, BUCIM, CEMTS, CIMS, DEVA, DOAS, ECILC, ERBOS, GUBRF, ISFIN, KARSN, KORDS, OTKAR, SELEC, TMSN, and YATAS stocks are listed together. It has been determined that this cluster includes organisations related to the pharmaceutical (DEVA, ECILC, SELEC), cement (BUCIM, CIMS) and automotive (DOAS, KARSN, OTKAR, TMSN) sectors. In Cluster 5, stocks of ARCLK, BIMAS, ENKAI, FROTO, KCHOL, SAHOL, TCELL, TOASO, and TTKOM are listed together. The BIST 30 index includes important and large companies. There are also large holdings (KCHOL, SAHOL) in this cluster. In Cluster 6, ASELS, EKGYO, EREGL, KOZAL, KRDM, PETKM, SISE, THYAO, and TUPRS stocks are listed together. Generally, the largest production enterprises of the BIST 30 index (except THYAO) are seen in this cluster. In Cluster 7, BERA, HEKTS, ISMEN, JANTS, LOGO, PRKAB, SASA, TUKAS, VESBE, and VESTL stocks are listed together. The SASA, HEKTS, and VESTL groups lead in this cluster. In Cluster 8, the GOZDE stock stands out alone. In Cluster 9, the MGROS, NUGYO, and OYAKC stocks are listed together. Here, three dissimilar companies have come together: a retail company, an investment trust and a cement company. However, the stocks of these companies are in similar clusters according to the determined variables.

Then, by the WEKA programme, the joint movement of all stocks was first determined by FP-Growth Association Rules Analysis. A confidence level of 0.90 was considered for all stocks, and as a result of the analysis, no association rule other than of the bank was found in the first 54 of 74 rules.

The associations within each cluster identified by CLARA Clustering Analysis were further determined using FP-Growth Association Rules Analysis. According to this;

- In Cluster 1, 1270 rules were found at the 0.90 confidence level.
- In Cluster 2, 5 rules were found at the 0.80 confidence level.
- In Cluster 3, 68 rules were found at the 0.90 confidence level.
- In Cluster 4, 126 association rules were found at a confidence level of 0.90.
- In Cluster 5, 14 rules were found at the 0.90 confidence level.
- In cluster 6, 20 association rules were found at a confidence level of 0.90.
- In Cluster 7, 24 association rules were found at a confidence level of 0.90.
- In Cluster 8, no rule has been formed.
- In cluster 9, 2 association rules were found at a confidence level of 70.

Because of the study; With Cluster Analysis, the connections between stocks were seen, and then with Association Rules Analysis, it was seen which stocks moved together. This will help both individual and corporate portfolio managers in determining which stocks they can focus on in the portfolio diversification process. According to the basic findings of the research, a very

intense unity was detected among the companies operating in the banking field. In addition, sectoral unity was observed between pharmaceutical, household appliances, iron and steel, retail, energy, petrochemical and production companies operating in the same sector. It has also been determined that there is unity between family group companies and companies within the real estate investment trust.

Giriş

Veri, belirli bir amaç için seçilen ve ölçülebilen bilgilere denir. Araştırmacılar/Uzmanlar herhangi bir anlam ifade etmeyen veri yığınları üzerinde, çalışılıp işlenecek olan kayıtlı verileri belirleyerek anlamlı bir bilgi elde etmektedirler (Oğuzlar, 2004: 4). Günümüzde ise gelişen dijital çağ ile birlikte ortaya çıkan büyük boyutlu verilere erişim ve depolama çok daha ulaşılabilir hale gelmiştir. Sektör içinde veya dışında yer alan şahıs ve kurumlar için büyük önem arz eden bu yığın verilerden faydalı veriyi alarak analizini gerçekleştirmek oldukça zor olmaktadır. Veri madenciliğinde sayesinde yığın halinde depolanan veriler üzerinde gizlenen değerli bilgiler açığa çıkarılır, ihtiyaç duyulan analiz yapılarak elde edilen sonuçlar yorumlanır (Kantardzic, 2003: 1).

Veri madenciliği tahminleyici ve tanımlayıcı modeller olmak üzere iki farklı şekilde incelenmektedir. Tahminleyici modeller arasında sınıflandırma ve regresyon modeli yer alırken, tanımlayıcı modeller arasında kümeleme ve birliktelik kuralı analizi yer almaktadır (Galimberti ve Soffritti, 2007: 521-522; Peña-Ayala, 2014: 1435).

Çalışmada uygulama alanı olarak seçilen Borsa İstanbul (BIST) Türkiye için finans sektörünün önemli bir göstergesidir. Bu araştırmanın BIST'te işlem gören şirketlere ait hisselerin birbirleriyle olan bağlantıları tespit edilerek; araştırmacılar, portföy yöneticileri ve yatırımcılar açısından yol gösterici olabileceği düşünülmektedir. Hisse senedi hareketlerinin birbirleri ile olan ilişkilerinin nasıl yorumlanabileceği, portföy oluştururken nelere dikkat edilmesi gerektiği bu çalışmada irdelenmiştir. Literatürde Kümeleme Analizi ve Birliktelik Kuralı Analizinin hibrit bir şekilde kullanıldığı pek fazla çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu anlamda çalışmanın literatüre katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Literatür İncelemesi

Literatürde yer alan hisse senedi seçiminde kullanılan ve araştırma kapsamında yer alan değişkenler, kümeleme, birliktelik kuralları ve her iki yöntemde bir arada yer aldığı çalışmaların bazıları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Literatür İncelemesi

Hisse Senedi Seçiminde Kullanılan ve Araştırma Kapsamında Yer Alan Değişkenler İle İlgili Yapılan Çalışmalar			
Yazar	Yöntem	Uygulama Alanı	
Özgümiş vd. (2013)	Regresyon Analizi, GARCH-EGARCH Modeli ve ARMA Modeli	Vadeli işlem sözleşmelerinde tahminleme yapılması	
Çelik (2016)	VAR Modeli ve Granger Nedensellik Testi	BIST'te işlem gören ve iflas etmiş olan firmaların fiyat hacim ilişkisinin incelenmesi	
Zor vd. (2016)	VAR Modeli	BIST 100 endeks incelemesi	
Desfiandi vd. (2017)	Regresyon Analizi	Hisse senedi performans faktörünü belirlemesi	
Gürtay (2017)	Çoklu Yapısal Kırılmalı Eş Bütünleşme Testi ve Granger Nedensellik Testi	BIST 100 endeksi içerisinde işlem gören hisse senedi fiyatları ve işlem hacmi arasındaki ilişkinin incelenmesi	
Şenol vd. (2018)	Dinamik Panel Veri Analizi	Hisse senedi fiyatlarını etkileyen faktörlerin incelenmesi	
Çelik (2020)	Panel Veri Analizi	BIST'de yer alan 33 gayrimenkul yatırım ortak firmalarının finansal oranlarının tahmini	
Karataş Elçiçek (2020)	Adımsal Regresyon Analizi, Granger Nedensellik Testi ve ARDL Analiz Yöntemi	Vadeli işlem ve opsiyon piyasasının incelenmesi	
İşıldak (2020)	Panel Veri Analizi	BIST'e kayıtlı dokuma, giyim ve deri sektöründe finansal oranların etkisi	
Bahar (2022)	Birim Kök Testi ve Regresyon Analizi	BIST 100 endeksi içerisinde finans sektörü dışında faaliyet gösteren hisse senetlerinin tahmini	
Kümeleme Yöntemi İle İlgili Yapılan Çalışmalar			
Yazar	Program	Algoritma	Uygulama Alanı
Koldere Akın (2008)	S-Plus 2000 ve WEKA	CLARA ve Yoğunluk Tabanlı Kümeleme Yöntemleri	TÜİK 2004 yılı Hane Halkı Bütçe çalışması
Verma ve Baliyan (2017)	Rstudio	PAM, K-Means, K-Median, CLARA	Konum tabanlı ve zaman tabanlı hizmet
Khalfallah ve Slama (2018)	WEKA	Canopy, Cobweb, Beklenti Maksimizasyonu, FarthestFirst, Filtered Clusterer, DBSCAN	E-Öğrenmede zamansal hız
Sayılan (2019)	R	AGNES, DIANA, K-Means, K-Medoids, Bulanık C-Ortalama, CLARA, DBSCAN, CURE, PAM, DENCLUE, STING, CLIQUE	Kümeleme algoritmalarının karşılaştırılması
Changalasetty vd. (2021)	WEKA	Beklenti Maksimizasyonu	Eğitim seviyeleri ve suç sayısı ile çocuk suçu
Kocabiyik vd. (2021)	WEKA	Canopy	BIST30'un COVID-19 öncesi ve sonrası hareketleri

Tablo 1. Devamı

Birliklilik Kuralları Analizi İle İlgili Yapılan Çalışmalar			
Yazar	Program	Algoritma	Uygulama Alanı
Xu ve Zhang (2009)	WEKA	Apriori	Finansal Gelir
Liao vd. (2011)	SPSS Clementine	Apriori	Döviz Kuru, Kategori Hisse Hareket Senedi,
Na ve Sohn (2011)	SAS Enterprise Miner	Apriori	Borsa Endeksi, Küresel Pazar
Erpolat (2012)	WEKA ve Excel	Apriori ve FP-Growth	Otomobil yetkili servis
Gemici (2012)	SPSS	Apriori	İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
Karpio vd. (2013)	Link Analysis	Apriori	Varşova Menkul Kıymetler Borsası
Karaatlı vd. (2021)	WEKA	FP-Growth	BIST30 ve makroekonomik değişkenlerle yatırım tercihi
Bayram (2022)	SPSS	Apriori	Bankacılık sektöründe şubelerin konumlandırılması
Teker ve Konuşkan (2022)	WEKA	FP-Growth	Fan token fiyat hareketleri
Kümeleme ve Birliklilik Kuralları Analizinin Birlikte Yapıldığı Çalışmalar			
Yazar	Program	Algoritma	Uygulama Alanı
Liao vd. (2008)	SPSS	K-Means ve Apriori	Borsa Analizi, Hisse Senedi Portföyü
Liao ve Chou (2013)	SPSS Clementine	K-Means ve Apriori	Tayvan ve Hong Kong Borsası üzerine Borsa Yatırım Portföyü
Ünsal (2020)	C#	K-Means ve Apriori	Hisse senetleri arasındaki fiyat etkileşimi

Veri Seti ve Metodoloji

Çalışmada; BIST 100 endeksinde yer alan hisse senetleri dikkate alınmıştır. Veriler Matriks Data Matriks Bilgi Dağıtım Hizmetleri (www.matriksdata.com) ve Kamuyu Aydınlatma Platformu'ndan (www.kap.org.tr) elde edilmiştir. Çalışma 06.12.2012-30.12.2022 on yıllık bir dönemi kapsamaktadır. Çalışmada belirtilen dönemde BIST 100 içerisinde yer alan ilk 83 hisse senedinden oluşmaktadır. Analizde tarih açısından 10 yıllık döneme uymadığı için AYDEM, BASGZ, ENJSA, GENIL, GESAN, GWIND, ISDMR, KONTR, MAVI, ODAS, PGSUS, PSGYO, QUAGR, SMRTG, SOKM, YYLGD ve bilanço yapısı bakımından ve dönem açısından TSPOR uygun olmadığı için analize dâhil edilmemiştir.

Yatırımcıların portföylerinde yer alan yatırım araçlarından biri de hisse senetleridir. Hisse senedi seçimini etkileyen çok sayıda faktör vardır. Bu çalışmada kullanılan değişkenler şirket bazlı, verilerine ulaşılabilen ve ölçülebilen değişkenlerden seçilmiştir. Bu değişkenlerin ayrıca literatürde (Kaderli, 2001; Gazel, 2017; Şahin ve Karacan, 2019; Erdem vd., 2020; Baydaş ve Eren, 2021; Işık, 2021; Polat ve Kılıç, 2022; Bulduk ve Ecer, 2023) yapılan çalışmalarda ve aracı kurumların yatırımcıları bilgilendirdikleri dokümanlarda (Ata Yatırım, Gedik Yatırım, Halk Yatırım, Info Yatırım, Investing.com, Şeker Yatırım, Tera Yatırım) sıklıkla paylaşılan değişkenler olduğu gözlemlenmiştir. Veri setinde yer alan değişkenler; getiri, işlem hacmi (volume), fiyat oynaklığı (volatilité), piyasa değeri, beta, piyasa değeri/defter değeri, özkaynaklar/ödenmiş sermaye, piyasa değeri/net satışlar (hasılat) olarak belirlenmiştir. Birliklilik Kuralları Analizinde ise kapanış fiyatı değişken olarak kullanılmıştır.

Kümeleme analizi için, R Programı tercih edilmiştir. Analizde küme sayısının belirlenmesinde Gap İstatistiği uygulanmıştır. Uygun kümeleme algoritmasının belirlenmesi için farklı kümeleme algoritmaları üzerinde araştırma yapılmış ve uzman görüşü desteği de alınarak en uygun kümeleme sonucunu CLARA Kümeleme Algoritmasının verdiği görülmüştür. Birliklilik kuralları analizi için WEKA programı tercih edilmiştir. Analiz için programda bulunan tüm algoritmalar uygulanmış ve en iyi kural sayısını göstermesi açısından FP-Growth Algoritması tercih edilmiştir. Kümeleme analizinde ve birliklilik kuralları analizinde kullanılan BIST 100 endeksinde yer alan 83 şirkete ait hisse senetlerinin borsa kodları ve tam isimleri Tablo 2'de gösterilmektedir.

Kümeleme Analizi

Kümeleme analizi, pek çok veriyi (gözlemler, nesnelere) küme adı verilen gruplar halinde düzenlemek için kullanılan çok değişkenli bir analiz tekniğidir (Alkarkhi ve Alqaraghuli, 2019: 177). Kümeleme analizi, gözlem seti içerisinde bulunan farklı türden değişkenler için istatistiksel uzaklıklarına (benzerliklerine) göre gruplandırmada kullanılır (Ingram ve Margetis, 2010:163).

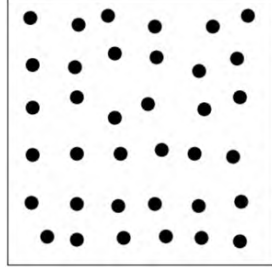
Kümeleme analizi, verilerin benzerliklerine veya farklılıklarına göre kategoriler halinde gruplanıp gruplanamayacağını soran bir dizi yöntemdir (McIntosh vd., 2010: 157). Amacı; bir nesne kümesi için aynı kümede yer alan nesnelere, türleri birbirine çok benzerken (homojen), farklı kümelerdeki nesnelere türleri oldukça değişken (heterojen) olacağından dolayı gruplara veya kümelere ayırmaktır (Jobson, 1994: 518). Veri madenciliğinde kümeleme algoritmaları temel olarak; hiyerarşik kümeleme algoritmaları, yoğunluğa dayalı kümeleme algoritmaları, bölümlenici kümeleme algoritmaları, ızgara tabanlı kümeleme algoritmaları ve olasılık modellerine dayalı kümeleme algoritmaları olmak üzere beş kategoriye ayrılmaktadır (Jobson, 1994: 518).

Tablo 2. Kümeleme Analizi ve Birliktelik Kuralları Analizinde Kullanılan Hisse Senetleri

No	Kısaltma	Alternatifler	No	Kısaltma	Alternatifler
1	AEFES	ANADOLU EFES BİRACILIK VE MALT SANAYİİ AŞ	43	JANTS	JANTSA JANT SANAYİ VE TİCARET AŞ
2	AGHOL	AG ANADOLU GRUBU HOLDİNG AŞ	44	KARSN	KARSAN OTOMOTİV SANAYİİ VE TİCARET AŞ
3	AKBNK	AKBANK TAŞ	45	KARTN	KARTONSAN KARTON SANAYİ VE TİCARET AŞ
4	AKFGY	AKFEN GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI AŞ	46	KCHOL	KOÇ HOLDİNG AŞ
5	AKSA	AKSA AKRİLİK KİMYA SANAYİİ AŞ	47	KORDS	KORDSA TEKNİK TEKSTİL AŞ
6	AKSEN	AKSA ENERJİ ÜRETİM AŞ	48	KOZAA	KOZA ANADOLU METAL MADENCİLİK İŞLETMELERİ AŞ
7	ALARK	ALARKO HOLDİNG AŞ	49	KOZAL	KOZA ALTIN İŞLETMELERİ AŞ
8	ALBRK	ALBARAKA TÜRK KATILIM BANKASI AŞ	50	KRDMD	KARDEMİR KARABÜK DEMİR ÇELİK SANAYİ VE TİCARET AŞ
9	ALGYO	ALARKO GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI AŞ	51	LOGO	LOGO YAZILIM SANAYİ VE TİCARET AŞ
10	ALKIM	ALKİM ALKALİ KİMYA AŞ	52	MGROS	MİGROS TİCARET AŞ
11	ARCLK	ARÇELİK AŞ	53	NTHOL	NET HOLDİNG AŞ
12	ASELS	ASELSAN ELEKTRONİK SANAYİ VE TİCARET AŞ	54	NUGYO	NURUL GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI AŞ
13	BAGFS	BAGFAŞ BANDIRMA GÜBRE FABRİKALARI AŞ	55	OTKAR	OTOKAR OTOMOTİV VE SAVUNMA SANAYİ AŞ
14	BERA	BERA HOLDİNG AŞ	56	OYAKC	OYAK ÇİMENTO FABRİKALARI AŞ
15	BIMAS	BİM BİRLEŞİK MAĞAZALAR AŞ	57	PETKM	PETKİM PETROKİMYA HOLDİNG AŞ
16	BRYAT	BORUSAN YATIRIM VE PAZARLAMA AŞ	58	PRKAB	TÜRK PRYSMIAN KABLO VE SİSTEMLERİ AŞ
17	BUCIM	BURSA ÇİMENTO FABRİKASI AŞ	59	SAHOL	HACI ÖMER SABANCI HOLDİNG AŞ
18	CCOLA	COCA-COLA İÇECEK AŞ	60	SASA	SASA POLYESTER SANAYİ AŞ
19	CEMTS	ÇEMTAŞ ÇELİK MAKİNA SANAYİ VE TİCARET AŞ	61	SELEC	SELÇUK ECZA DEPOSU TİCARET VE SANAYİ AŞ
20	CIMSA	ÇİMSA ÇİMENTO SANAYİ VE TİCARET AŞ	62	SISE	TÜRKİYE ŞİŞE VE CAM FABRİKALARI AŞ
21	DEVA	DEVA HOLDİNG AŞ	63	SKBNK	ŞEKERBANK TAŞ
22	DOAS	DOĞUŞ OTOMOTİV SERVİS VE TİCARET AŞ	64	SNGYO	SİNPAŞ GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI AŞ
23	DOHOL	DOĞAN ŞİRKETLER GRUBU HOLDİNG AŞ	65	TAVHL	TAV HAVALİMANLARI HOLDİNG AŞ
24	ECILC	EİS ECZACIBAŞI İLAÇ SİNAİ VE FİNANSAL YATIRIMLAR SANAYİ VE TİCARET AŞ	66	TCELL	TURKCELL İLETİŞİM HİZMETLERİ AŞ
25	EGEEN	EGE ENDÜSTRİ VE TİCARET AŞ	67	THYAO	TÜRK HAVA YOLLARI AO
26	EKGYO	EMLAK KONUT GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI AŞ	68	TKFEN	TEKFEN HOLDİNG AŞ
27	ENKAI	ENKA İNŞAAT VE SANAYİ AŞ	69	TMSN	TÜMOSAN MOTOR VE TRAKTÖR SANAYİ AŞ
28	ERBOS	ERBOSAN ERCİYAS BORU SANAYİİ VE TİCARET AŞ	70	TOASO	TOFAŞ TÜRK OTOMOBİL FABRİKASI AŞ
29	EREGL	EREĞLİ DEMİR VE ÇELİK FABRİKALARI TAŞ	71	TRGYO	TORUNLAR GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI AŞ
30	PROTO	FORD OTOMOTİV SANAYİ AŞ	72	TSKB	TÜRKİYE SİNAİ KALKINMA BANKASI AŞ
31	GARAN	TÜRKİYE GARANTİ BANKASI AŞ	73	TTKOM	TÜRK TELEKOMÜNİKASYON AŞ
32	GLYHO	GLOBAL YATIRIM HOLDİNG AŞ	74	TTRAK	TÜRK TRAKTÖR VE ZİRAAT MAKİNELERİ AŞ
33	GOZDE	GÖZDE GİRİŞİM SERMAYESİ YATIRIM ORTAKLIĞI AŞ	75	TUKAS	TUKAŞ GIDA SANAYİ VE TİCARET AŞ
34	GSDHO	GSD HOLDİNG AŞ	76	TUPRS	TÜPRAŞ-TÜRKİYE PETROL RAFİNERİLERİ AŞ
35	GUBRF	GÜBRE FABRİKALARI TAŞ	77	TURSG	TÜRKİYE SİGORTA AŞ
36	HALKB	TÜRKİYE HALK BANKASI AŞ	78	ULKER	ÜLKER BİSKÜVİ SANAYİ AŞ
37	HEKTS	HEKTAŞ TİCARET TAŞ	79	VAKBN	TÜRKİYE VAKIFLAR BANKASI TAO
38	IPEKE	İPEK DOĞAL ENERJİ KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE ÜRETİM AŞ	80	VESBE	VESTEL BEYAZ EŞYA SANAYİ VE TİCARET AŞ
39	ISCTR	TÜRKİYE İŞ BANKASI AŞ	81	VESTL	VESTEL ELEKTRONİK SANAYİ VE TİCARET AŞ
40	ISFIN	İŞ FİNANSAL KİRALAMA AŞ	82	YATAS	YATAŞ YATAK VE YORGAN SANAYİ TİCARET AŞ
41	ISGYO	İŞ GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI AŞ	83	YKBNK	YAPI VE KREDİ BANKASI AŞ
42	ISMEN	İŞ YATIRIM MENKUL DEĞERLER AŞ			

Hopkins İstatistiği

Hopkins istatistiği, bir değişkenin uzayda dağılan mekânsal rastgeleliğini test eden istatistiki bir yöntemdir. Bu yöntemde, belirli bir veri setinin tek düze bir veri dağılımı tarafından üretilme olasılığını ölçerek, veri kümesi içerisinde orantılı olup-olmaması üzerine gerçekleştirilmektedir. Hopkins istatistiği ile veri setinin kümelenme eğilimi ölçülmektedir. Örnek olarak bir veri kümesinin veri alanında eşit olarak dağıtılmış hali Şekil 1’de gösterilmektedir (Han vd., 2011: 484-485).



Şekil 1. Eşit Olarak Dağıtılan Veri Kümesi Örneği

Kaynak: (Han vd., 2011: 485).

Rastgele olan bir değişkenin (o) örneği olarak kabul edilen bir veri setinde (D); rastgele olan değişkenin, veri uzayında ve tek düzende dağıtılmasının ne kadar mesafe sağladığının belirlenmesi için Hopkins istatistiği hesaplanmaktadır. Hopkins istatistiğinde; veri kümesinin, veri uzayında tek biçimli ve düzgün bir dağılım sağlaması durumunda Hopkins istatistiği (H), 0’a yakın olmamaktadır (Han vd., 2011: 485).

Hopkins istatistiğinde, sıfır hipotez homojen hipotezdir. Veri setinin düzgün olduğunu ve bu nedenle anlamlı kümeler içermediğini söylemektedir. Alternatif hipotez yani homojen olmayan hipotez ise veri setinin düzgün olmadığını ve bu nedenle anlamlı kümeler içerdiğini ifade etmektedir. Burada alternatif hipotezi kabul için 0.5 değeri, eşik değer olarak kullanılmaktadır. Eğer $H < 0.5$ ise istatistiksel olarak anlamlı kümelerin oluştuğunu. $H > 0.5$ ise istatistiksel olarak anlamlı kümelerin oluşmasının mümkün olmadığını göstermektedir (Han vd., 2011: 486).

Veri görselleştirme olarak, küme eğiliminin görsel değerlendirme algoritması VAT yaklaşımı ile gösterilmektedir. Bu yaklaşımda nesne kümesinin, nesne vektörleri veya farklı sayısal değerler ile temsil edildiklerinde kümeleme eğilimlerinin görülebileceği ileri sürülmüştür. Nesnelere yeniden sıralanarak, farklılık matrisi bir yoğunluk görüntüsü meydana getirir. Farklılık matrisi görüntüsü ile veri setinde bir küme yapısının olduğu görüntülenmektedir. Kümeler, diagonal (köşegen) boyunca koyu renge sahip renk bloklarıyla gösterilmektedir (Bezdek ve Hathaway, 2002: 2225).

Gap İstatistiği

Gap İstatistiği, veri kümesi içerisinde ideal küme sayısının belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu istatistiki yöntemde ana mantık, küme içi gözlem değerlerinin veri yapısına uygun olacak bir şekilde merkez noktalar arasındaki mesafenin ölçülmesi ile hesaplanmaktadır. Bu duruma göre, küme sayısında artış gerçekleştikçe bu değer düşüğü noktada ideal küme sayısı belirlenir (Tibshirani vd., 2001: 415-415).

Gap istatistiğinin genel formülü Eşitlik (1), Eşitlik (2), Eşitlik (3), Eşitlik (4) ve Eşitlik (5)’te gösterilmektedir (Tibshirani vd., 2001: 415; Patil ve Baidari, 2019:134):

$$Gap(q) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \log W_{qb} - \log W_q \quad (1)$$

$$Gap(q) \geq Gap(q+1) - s_{q+1}. (q = 1 \dots n-2) \quad (2)$$

$$s_d = s_{dq} \sqrt{1 + 1/B} \quad (3)$$

$$s_{dq} = \sqrt{\frac{1}{B} \sum_{b=1}^B (\log W_{qb} - \bar{I})^2} \quad (4)$$

$$\bar{I} = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \log W_{qb} \quad (5)$$

B : Tek tip dağılım kullanılarak oluşturulan referans veri setlerinin sayısı

W_q : Ağırlık değeri

W_{qb} : Dağılım içi matris

CLARA Kümeleme Algoritması

Kümeleme Analizinde kullanılan CLARA (Clustering Large Objects) Kümeleme Algoritması, K-Medoids dikkate alınarak geliştirilen algoritmalar arasında yer almaktadır (Berkhin, 2002: 15). CLARA örnekleme dayalı bir kümeleme algoritmasıdır. CLARA Kümeleme Algoritmasının etkililiği, veri kümesinde bulunan büyük verilerin üstesinden gelebilmektedir (Nagpal vd., 2013: 299).

CLARA Kümeleme Algoritmasında, tüm veriler üzerinde veri setinin rastgele bir örnekleme belirlenir ve bu örneklem üzerinden medoidler seçilir. Medoidlerin seçimi için PAM kullanılır. Burada süreç şu şekilde işlemektedir: örnek rastgele bir şekilde seçildiğinde, medoid tüm veri setini doğru olarak göstermektedir. Kümelemenin kalitesi seçilen örneğin kalitesiyle bağlantılıdır. Bu durumdan dolayı, örnek; en ideal kümeleme gerçekleştirilinceye kadar tekrar edilmeli olarak seçilmektedir (Verma ve Baliyan, 2017: 5).

CLARA Kümeleme Algoritmasında her bir iterasyonun karmaşıklığı Eşitlik (6)'da gösterilmektedir (Han vd., 2011: 4 56):

$$O[ks^2 + k(n - k)]; \quad (6)$$

s: örneklem büyüklüğü

k: küme sayısı

n: toplam nesne sayısı

CLARA Kümeleme Algoritmasının adımları şu şekildedir (Ng ve Han, 1994: 146-147):

Adım 1: Aşağıdaki adımlar 5'er kez tekrarlanmalıdır.

Adım 2: Elde yer alan veri seti için rastgele olacak şekilde $40+2k$ örnek seçilmektedir. Seçilen örnek için k temsilcisinin belirlenmesi için PAM algoritması uygulanmaktadır.

Adım 3: Veri setinde yer alan tüm elemanlar için, o elemanlara en çok benzeyen temsilciler belirlenmektedir.

Adım 4: Adım 3'te tespit edilen kümelerin ortalaması alınmalıdır.

Adım 5: Bu süreçten sonra istenilen sonuca ulaşılmaması durumunda Adım 1'e tekrar dönülerek işlem tekrarlanmaktadır.

Birliktelik Kuralları Analizi

Birliktelik Kuralları Analizi en iyi bilinen veri madenciliği tekniklerinden biri olarak ifade edilir. Birliktelikte, belirli bir nesnenin aynı işlemde yer alan diğer nesnelere üzerindeki bağlantılarına bağlı olarak bir model oluşturulmaktadır. Çoğunlukla birliktelik kuralları analizinde ise büyük miktarda veri üzerinde uygulama gerçekleştirilmektedir (Diwate ve Sahu, 2014: 228). Birliktelik kuralları, büyük veri kümelerinde farklı ilişkilerin ortaya çıkarılmasında tercih edilmektedir. Ortaya konan bu ilişkiler birliktelik kuralları analizi olarak tanımlanmaktadır (Tan vd., 2005: 2).

Birliktelik kuralları analizi, veri tabanında yer alan nesnelere arasında en düşük destek düzeyinin üzerinde olan verilerin bulunup seçilmesidir. Bu aşamada geniş veri kümesi üzerinde uygulama yapılarak, kuralların elde edilme süreci olarak tanımlanır (Agrawal ve Srikant, 1994: 488).

Birliktelik kuralları analizi sürecinde karşılaşılan istatistiksel değer kavramları destek (support), güven (confidence), ilgi (lift/interest), kanaat (conviction) ve kaldıraç (leverage) olarak şu şekilde ifade edilmektedir (Köse, 2018: 187-189; Yüksel ve Zontul, 2019: 69):

Destek (Support) Değeri: Destek değeri, bir nesnenin tüm işlem adımları sürecinde görülme tekrarı (frekans) olarak ifade edilmektedir. Eşitlik (7)'de gösterilmektedir.

$$Des(X) = |i \in I; X \subseteq i| / |I| \quad (7)$$

Güven (Confidence) Değeri: X ve Y arasında belirlenen kuralın ne kadar doğru/geçerli olduğunu gösteren sonuçtur. Eşitlik (8)'de gösterilmektedir.

$$\text{Güven}(X \rightarrow Y) = (\text{Des}(X \cup Y)) / (\text{Des}(X)) \quad (8)$$

İlgi (Lift/Interest) Değeri: X ve Y arasındaki ilgi, X ve Y alt kümelerinin istatistiki açıdan bağımsız olduğu durumda, X ve Y'nin destek değeri olarak ifade edilir. Eşitlik (9)'da gösterilmektedir.

$$\text{İlgi}(X \rightarrow Y) = (\text{Des}(X \cup Y)) / (\text{Des}(X) \times \text{Des}(Y)) \quad (9)$$

Kanaat (Conviction) Değeri: X ve Y arasında gerçekleşecek kural için uygulanan ve güven düzeyine alternatif bir yöntem olarak ifade edilmektedir. Eşitlik (10)'da gösterilmektedir.

$$\text{Kanaat}(X \rightarrow Y) = (1 - \text{Des}(Y)) / (1 - \text{Gven}(X \rightarrow Y)) \quad (10)$$

Kaldıraç (Leverage) Değeri: X ve Y ürünlerinin birlikte yer almasının, X ve Y ürünlerinin ayrı ayrı yer almasından ne kadar fazla olduğunu belirlemektedir (Yüksel ve Zontul, 2019: 69). Eşitlik (11)'de gösterilmektedir.

$$\text{Kaldıraç}(X \rightarrow Y) = P(X \vee Y) - (P(X)P(Y)) \quad (11)$$

Birliktelik kurallarının gerçekleştirilebilmesi için en küçük destek değerinin daha önceden belirlenmiş olması gerekir. $0 \leq D \leq 1$ düzeninde destek değeri 0'a yaklaştıkça birlikteliklerinin sayısı artarken kuralların önemi azalmakta; 1'e yaklaştıkça da birlikteliklerinin sayısı azalırken, kuralların önemi artmaktadır (Ateş ve Karabatak, 2017: 61). Birliktelik kurallarının oluşturulmasında bir başka ölçüt ise güven değeridir. Güven değerinin $0 \leq G \leq 1$ aralığında olması gerekir. Uygulamalarda güven değerinin 0.5 ve 0.5'ten büyük olması tercih edilmektedir (Liao vd., 2008: 21; Xu ve Zhang, 2009: 222; Argiddi ve Apte, 2012: 33; Karaatlı vd., 2021: 552).

FP-Growth Birliktelik Kuralları Algoritması

Birliktelik Kuralları Analizinde tercih edilen FP-Growth (Frequent Pattern Growth) Algoritması, aday nesne kümesi oluşturmadan tüm yoğun nesne kümelerini araştırmak için verimli bir yöntemdir. FP-Growth, veri tabanını ana bellekte depolayabilmek için dikey ve yatay olarak veri tabanı düzeninin bir kombinasyonunu uygulamaktadır. Veri tabanındaki her nesne için gerçek işlemleri bir ağaç yapısında saklar ve her nesnenin, o nesneyi içeren tüm işlemlerde geçen bağlantılı listesini de saklamaktadır. FP-Ağaç (FP-Tree) ile bir nesnenin tüm oluşumlarını birbirine bağlantılı olacak şekilde FP-Ağacın bir sonraki oluşumuna yönlendiren bir bağlantı içermektedir. FP-Ağaçta destek ve nesnenin ilk oluşumu bir bağlantı ile birlikte, tüm nesnelerin minimum destek değeri sıralaması gerçekleştirilir. Bu şekilde yapılarak FP'nin köküne çok daha yakın olacağından veri tabanının mümkün olduğunda küçük tutulmasını sağlamaya çalışmaktadır. FP-Ağacını temsil eden veri tabanı, yoğun model ağacı veya nesne kümesinin ilişkilendirme bilgilerini içermektedir. Devamında sıkıştırılmış veri tabanını koşullu kümelerle ayırmakta ve böl-yönet yöntemiyle çalışmaktadır (Bala vd., 2016: 283; Chen vd., 2009: 284; Pandey ve Pardasani, 2009: 160).

FP-Growth Algoritması aday nesne kümesi oluşturmadan sık tercih edilen nesne kümelerinin oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu durum iki aşamalı bir yaklaşımdan meydana gelmektedir (Bala vd., 2016: 283):

Adım 1: FP-Ağaç adı verilen yoğun bir veri yapısı oluşturulur.

Adım 2: Yoğun olarak kullanılan nesne kümeleri, direkt olarak FP-Ağaç yapısından çıkarılmalıdır.

FP-Growth Algoritması, aday kümesi oluşturmadan büyük öge kümelerinin bulunması için uygulanmaktadır. Verilen minimum ölçütü gerekli sayıda kural bulana kadar minimum desteği yinelemeli olarak azaltmaktadır (Han vd., 2006: 243; WEKA).

Analiz ve Bulgular

Bu bölümde 06.12.2012-30.12.2022 dönemini kapsayan veri setine öncelikle CLARA Kümeleme Algoritması uygulanmıştır. Daha sonra tüm hisse senetlerinin ve kümeleme analizi ile oluşan grupların kendi içerisinde oluşturdukları birliktelikleri incelemek için FP-Growth Algoritması uygulanmıştır.

CLARA Kümeleme Algoritması Sonuçları

Kümeleme analizini gerçekleştirmek için veri seti 06.12.2012-30.12.2022 dönemini kapsadığından dolayı 83 şirketin aritmetik ortalamaları alınarak düzenlenmiştir. Düzenlenmiş veri seti Tablo 3'te görülmektedir.

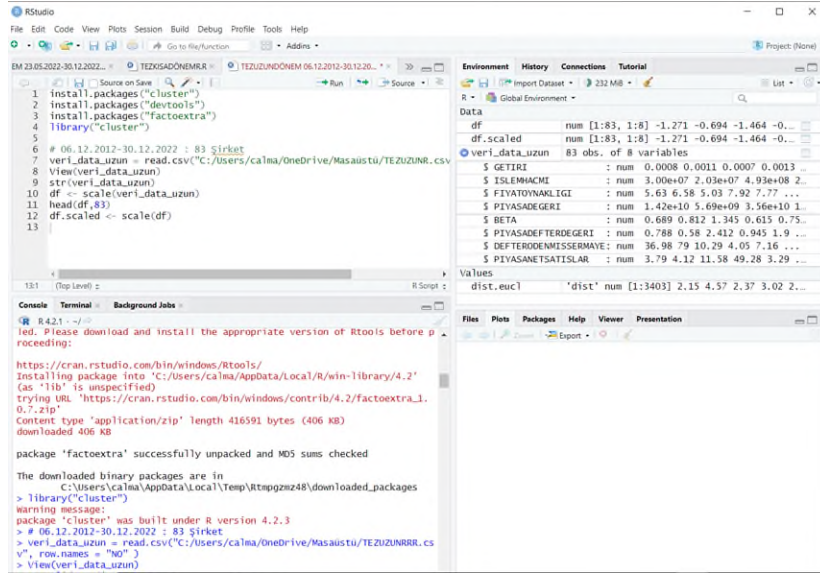
Tablo 3. Veri Seti

Sıra No	Hisse Kodu	Getiri	İşlem Hacmi	Fiyat Oynaklığı	Piyasa Değeri	Beta	PD/DD	DD/ÖS	PD/NS
1	AEFES	0.0008	30008645.71	5.6343	14222970324	0.6889	0.788	36.9791	3.7877
2	AGHOL	0.0011	20348852.99	6.5752	5686467123	0.8125	0.5795	79.0025	4.1164
3	AKBNK	0.0007	492807717.3	5.0338	35551577707	1.3452	2.4119	10.2894	11.5825
4	AKFGY	0.0013	21425085.74	7.921	1273403083	0.6154	0.9454	4.0516	49.2752
5	AKSA	0.002	30442670.55	7.7737	3978223507	0.7562	1.8998	7.1624	3.2931
6	AKSEN	0.0016	57338626.61	5.7206	5815763926	0.849	2.027	4.2539	2.7665
7	ALARK	0.0019	68870061.55	6.2868	3308844686	0.865	0.9574	7.6429	7.1057
8	ALBRK	0.0008	50318453.48	7.3667	1822092838	0.8514	0.5903	3.0167	6.0571
9	ALGYO	0.0017	23211692.78	8.733	794205984.1	0.8052	0.5848	58.9668	107.3358
10	ALKIM	0.0017	25402764.12	7.5294	1157984143	0.678	2.4897	8.9556	6.1753
11	ARCLK	0.0012	97989211.81	4.74	16988450401	0.862	1.9687	13.9764	2.3812
12	ASELS	0.0017	487239368.8	8.9943	24947114039	0.8786	3.1779	6.924	11.5709
13	BAGFS	0.001	19858564.06	7.1734	1423370139	0.8721	3.3824	11.4799	10.3102
14	BERA	0.0014	35710644.82	10.7032	1753033921	0.6763	0.6931	7.6564	2.2557
15	BIMAS	0.001	157734400.7	5.4798	27720882602	0.592	9.4466	8.7647	3.2409
16	BRYAT	0.0024	16192668.44	12.2897	3486025371	0.8004	1.2239	77.6769	855.222
17	BUCIM	0.0012	12933527.92	8.7356	1127475351	0.6518	1.1786	4.2457	3.0162
18	CCOLA	0.001	27193323.15	5.8218	13921980581	0.743	2.3012	28.6033	5.3455
19	CEMTS	0.002	22684642.63	7.4476	788968647.5	0.7805	1.395	4.5677	3.3525
20	CIMSA	0.0014	21653230.47	7.3989	2358256660	0.6923	1.3684	12.8569	4.9818
21	DEVA	0.0017	23262770.65	7.8789	2113368524	0.7946	1.5963	5.4331	5.0317
22	DOAS	0.002	34850815.22	7.3751	4608896567	1.0093	2.0475	9.4685	1.0513
23	DOHOL	0.0014	151923055.1	7.0107	4294536854	0.8041	0.6129	2.6796	1.5918
24	ECILC	0.0017	62448766.25	7.3125	3178689651	0.7911	0.6789	6.7162	11.8919
25	EGENE	0.0024	36017889.54	9.169	2046339729	0.7727	3.6003	161.3905	11.1189
26	EKGYO	0.0008	379265114.8	5.5312	9541848273	1.0701	0.9378	3.1435	16.5622
27	ENKAI	0.0013	63037301.84	7.2825	37507906908	0.5645	1.2132	7.2042	8.9805
28	ERBOS	0.0019	19373290.37	7.5806	670051348.3	0.8483	1.6649	29.9289	3.3194
29	EREGL	0.0017	440260201.9	6.0501	36787539408	0.896	1.2937	8.9272	4.888
30	FROTO	0.0018	130589780.4	6.4056	31078145900	0.8315	5.537	13.9801	2.9306
31	GARAN	0.0008	1029959612	7.0452	40837509027	1.3666	0.9685	11.8405	10.1945
32	GLYHO	0.0013	49057672.38	6.1803	1115713430	0.7525	0.7508	4.3931	4.7751
33	GOZDE	0.0014	38400391.85	8.0402	1587436452	0.955	0.9477	8.181	89606.391
34	GSDHO	0.0016	41656965.34	6.1965	1192183585	0.9202	0.8437	3.7431	54.5882
35	GUBRF	0.0021	116361548.1	8.458	7764243374	0.9283	3.0669	6.3741	3.6397
36	HALKB	0.0003	371260076.4	5.9995	47949617177	1.3248	2.4032	17.0569	33.3616
37	HEKTS	0.0028	110668816.5	9.1313	7774413266	0.6982	9.3716	2.0648	25.2851
38	IPEKE	0.0014	93617294.54	7.817	1829105087	1.0363	0.3332	19.5112	3.0985
39	ISCTR	0.0008	365295569.4	4.8827	58912765805	1.2722	1.2906	11.2708	15.6001
40	ISFIN	0.0016	60731733.27	9.0415	1596711219	0.7527	1.195	1.9243	7.0766
41	ISGYO	0.0014	52032938.06	6.0318	2169767344	0.7713	0.6267	3.7283	20.8809
42	ISMEN	0.002	15524251.12	8.4981	2290034263	0.4759	1.0279	4.5588	0.0736
43	JANTS	0.0024	26096492.87	9.9656	1700325353	0.7693	3.6799	14.9405	7.0818
44	KARSN	0.0015	144637207.1	8.2335	1706634587	0.9556	2.845	0.761	5.028
45	KARTN	0.0013	22989263.56	10.0665	1770408658	0.7574	3.3426	91.2462	9.3477
46	KCHOL	0.0012	197647019.6	4.3372	46054829027	1.0175	0.8626	24.5175	1.3925
47	KORDS	0.0017	35447078.58	7.7122	2594490978	0.8141	0.849	14.1871	2.069
48	KOZAA	0.0015	185190140.2	7.1187	3336812810	1.0279	0.5628	13.0039	5.2071
49	KOZAL	0.0016	274463618.1	7.0769	9930301579	0.8723	2.1087	30.2758	18.1415
50	KRDMD	0.0016	529793714.2	5.6667	3051088236	1.221	0.7953	3.2742	1.8718
51	LOGO	0.0021	15331599.84	9.8511	1651314824	0.5791	5.1358	8.8826	16.9289
52	MGROS	0.0011	61305334.93	6.64	5100961610	0.9176	32.6644	4.3022	1.1319
53	NTHOL	0.0011	23697766.6	8.4702	2104553065	0.6067	0.991	7.1221	17.1097
54	NUGYO	0.0006	11465475.97	10.5861	1772430208	0.7785	24.9071	1.3874	287.4056
55	OTKAR	0.0017	53852799.92	8.1133	4061945989	0.8197	9.2091	21.5099	6.1537
56	OYAKC	0.001	39041349.4	9.1434	6668500383	0.602	17.4279	2.2695	84.8711
57	PETKM	0.0015	438634810.4	6.4059	9488566099	0.8824	1.8692	2.8013	3.4303
58	PRKAB	0.002	16619754.25	8.5698	1483711976	0.6994	3.7346	1.6389	1.8299
59	SAHOL	0.0009	214216141.2	4.5224	22888078980	1.0989	0.4149	30.8099	5.4612
60	SASA	0.0031	271681162.7	12.1375	25318695424	0.8855	6.4446	2.6404	11.3954
61	SELEC	0.0016	22437654.14	7.3554	3597552032	0.5576	1.1721	4.2954	0.853
62	SISE	0.0016	426727377.6	5.2837	19111610480	0.9589	0.9525	8.0177	3.908
63	SKBNK	0.0007	77703027.23	7.3039	1893555106	0.9226	0.5817	2.6285	5.3458
64	SNGYO	0.0009	23143522.1	5.2271	2349405856	0.7184	3.6767	1.8617	14.7049
65	TAVHL	0.0014	107454694.8	5.6816	8464243450	0.8324	1.9041	17.8455	8.0489
66	TCELL	0.0008	223097333.3	5.0727	32514351265	0.7628	1.8863	7.8967	6.7708
67	THYAO	0.0016	1215184669	5.887	21285501068	1.1874	0.7607	27.2438	1.3905

Tablo 3. Devamı

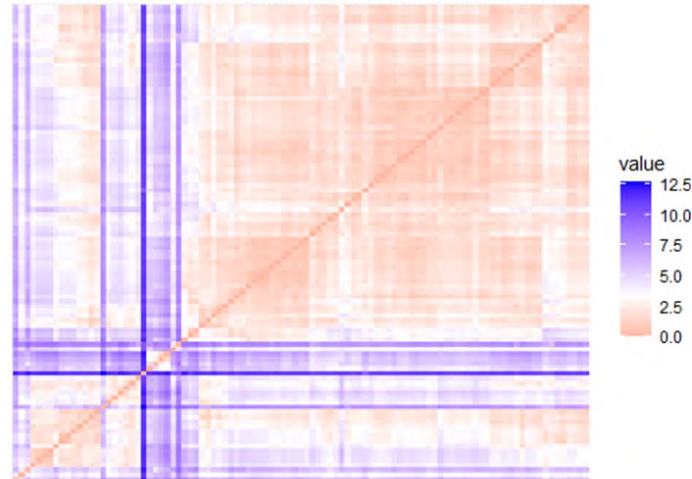
68	TKFEN	0.0012	108897636	5.465	4907810721	0.8698	1.1703	11.3926	1.9461
69	TMSN	0.0016	47101544.86	9.0584	1272338810	0.9404	2.4077	4.5348	6.1214
70	TOASO	0.0016	107661611.2	5.29	15568801093	0.8868	4.3648	6.8637	3.2473
71	TRGYO	0.0014	31170030.18	6.2233	3032905077	0.9311	0.4295	9.3886	13.0738
72	TSKB	0.0011	115331189.1	6.4821	3447072120	0.9746	0.8762	1.8626	11.8891
73	TTKOM	0.0009	150914376.9	5.3395	25585200728	0.9142	3.883	2.2351	5.0734
74	TTRAK	0.0015	28317466.52	6.0254	5586736015	0.7185	6.2235	16.9215	4.2124
75	TUKAS	0.002	30474573.07	10.1643	1347222100	0.7325	2.7064	1.1383	8.1628
76	TUPRS	0.0014	349346899.6	5.1092	29469471688	0.8049	2.6584	46.6973	1.545
77	TURSG	0.0012	57635911.97	7.0326	2465587865	0.8277	1.929	2.4829	4.0179
78	ULKER	0.0009	38788134.4	6.9021	6445119149	0.702	2.8543	9.2179	4.9789
79	VAKBN	0.0007	274422011.3	5.6118	34581785002	1.3808	1.5179	9.3965	15.4604
80	VESBE	0.0022	26266566.09	10.8216	4395568612	0.8437	2.2511	6.6695	2.2725
81	VESTL	0.0019	117493849.6	9.9041	4358965666	1.0642	1.1516	12.1	0.9134
82	YATAS	0.0022	14758113.32	8.0558	869247363.5	0.8477	2.1575	3.2905	2.2015
83	YKBNK	0.0008	440078823.7	5.2398	22797471111	1.2778	0.6809	5.9858	7.8388

Çalışmada oluşturulan veri seti R programına yüklenmiş ve normalizasyon işlemi yapılmıştır. Şekil 2’de R programının arayüzü görülmektedir.



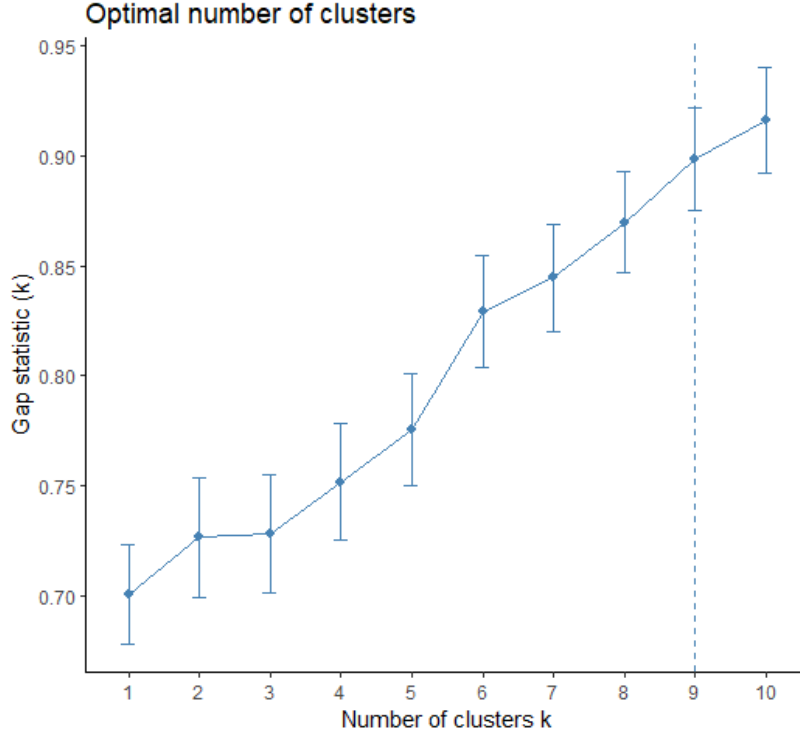
Şekil 2. R Programı Arayüzü

R programında elde edilen Hopkins değeri 0.1566’dır. Bu değer 0’a yakın olduğundan, veri setinin kümelenebileceğini göstermektedir. Hopkins istatistiğinin veri seti üzerinde VAT görseli Şekil 3’te gösterilmektedir.



Şekil 3. Veri Seti için VAT Görseli

Şekil 3'te, "VAT" kümelenme eğilimini ortaya koyan bir görseldir. Renk seviyesi gözlemler arasındaki farklılığın değeri ile orantılıdır ve aynı kümeye ait nesnelere ardışık sırada görüntülenmektedir. Gap istatistiğine göre küme sayısı 9 çıkmıştır. Bu durum görsel olarak Şekil 4'te gösterilmektedir.



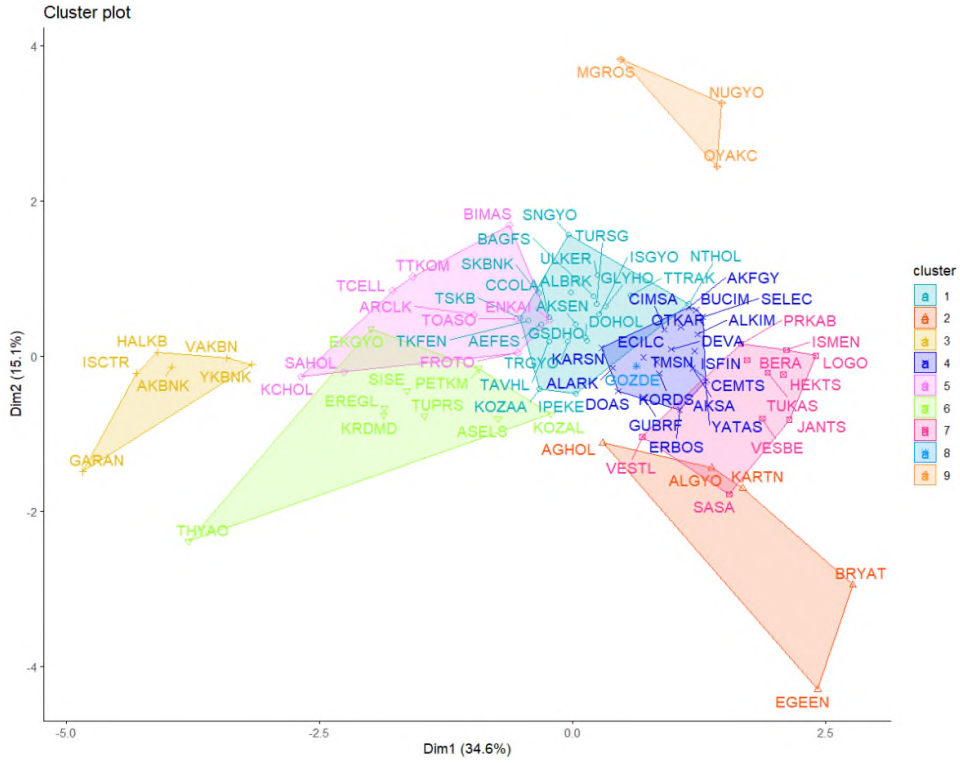
Şekil 4. Veri Seti için Gap İstatistiği

Tablo 4'te kümelere atanan hisse senetleri gösterilmektedir.

Tablo 4. CLARA Kümeleme Algoritması Sonuçları

1.Küme	2.Küme	3.Küme	4.Küme	5.Küme	6.Küme	7.Küme	8.Küme	9.Küme
AEFES	AGHOL	AKBNK	AKFGY	ARCLK	ASELS	BERA	GOZDE	MGROS
AKSEN	ALGYO	GARAN	AKSA	BIMAS	EKGYO	HEKTS		NUGYO
ALBRK	BRYAT	HALKB	ALARK	ENKAI	EREGE	ISMEN		OYAKC
BAGFS	EGEEN	ISCTR	ALKIM	FROTO	KOZAL	JANTS		
CCOLA	KARTN	VAKBN	BUCIM	KCHOL	KRDMD	LOGO		
DOHOL		YKBNK	CEMTS	SAHOL	PETKM	PRKAB		
GLYHO			CIMSA	TCELL	SISE	SASA		
GSDHO			DEVA	TOASO	THYAO	TUKAS		
IPEKE			DOAS	TTKOM	TUPRS	VESBE		
ISGYO			ECILC			VESTL		
KOZAA			ERBOS					
NTHOL			GUBRF					
SKBNK			ISFIN					
SNGYO			KARSN					
TAVHL			KORDS					
TKFEN			OTKAR					
TRGYO			SELEC					
TSKB			TMSN					
TTRAK			YATAS					
TURSG								
ULKER								

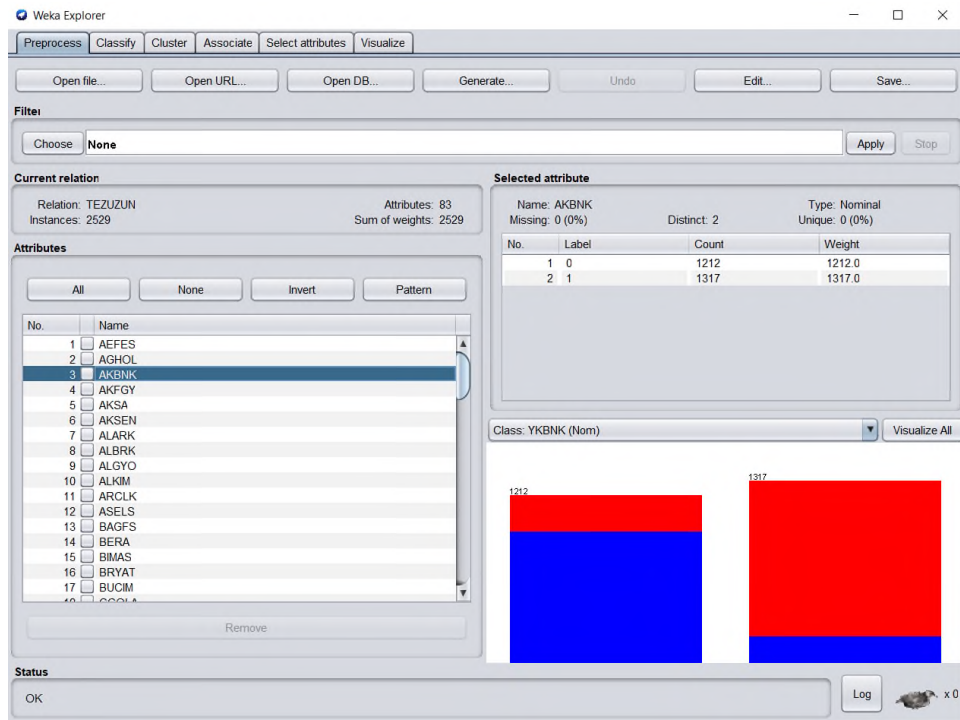
Yapılan kümeleme analizi sonucunda kümelerin dağılımı grafiği Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. CLARA Kümeleme Algoritması Dağılım Grafiği

FP-Growth Birliktelik Kuralları Analizi Sonuçları

FP-Growth Birliktelik Kuralları Analizi için destek değerinin $0 \leq D \leq 1$ aralığında olması gerekmektedir (Liao vd., 2008: 22). Çalışmada oluşturulan veri seti arff formatında WEKA programına yüklenmiştir ve Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Veri Seti için WEKA Programının Arayüzü

Tablo 5'de % 90 güven düzeyinde ve 0.1 minimum destek değeri şartlarını sağlayan 74 adet birliktelik kuralı tespit edilmiştir. Tabloda sıralama yukarıdan aşağıya doğru azalarak devam etmektedir. Güven düzeyinin eşit olduğu kurallar arasında sıralama destek değerine göre uygulanmaktadır.

Tablo 5. BIST 100 Hisse Senetleri için FP-Growth Birliklik Kuralları Analizi Sonuçları

Sıra	Birliklik Kuralları	Conf.	Lift	Lev.	Conv.
1	[VAKBN=1,ISCTR=1,GARAN=1]:969=>[YKBNK=1]:928	0.96	1.75	0.16	10.42
2	[YKBNK=1,HALKB=1,GARAN=1]:937=>[VAKBN=1]:894	0.95	1.8	0.16	9.98
3	[VAKBN=1,HALKB=1,GARAN=1]:937=>[YKBNK=1]:894	0.95	1.74	0.15	9.62
4	[ISCTR=1,HALKB=1,AKBNK=1]:943=>[VAKBN=1]:899	0.95	1.79	0.16	9.82
5	[YKBNK=1,ISCTR=1,HALKB=1]:972=>[VAKBN=1]:924	0.95	1.79	0.16	9.29
6	[YKBNK=1,VAKBN=1,GARAN=1]:979=>[ISCTR=1]:928	0.95	1.79	0.16	8.87
7	[YKBNK=1,HALKB=1,AKBNK=1]:955=>[VAKBN=1]:905	0.95	1.78	0.16	8.77
8	[VAKBN=1,AKBNK=1,GARAN=1]:972=>[YKBNK=1]:921	0.95	1.73	0.15	8.44
9	[ISCTR=1,AKBNK=1,GARAN=1]:988=>[YKBNK=1]:936	0.95	1.73	0.16	8.42
10	[HALKB=1,AKBNK=1,GARAN=1]:936=>[YKBNK=1]:886	0.95	1.73	0.15	8.29
11	[ISCTR=1,HALKB=1,AKBNK=1]:943=>[YKBNK=1]:892	0.95	1.72	0.15	8.19
12	[VAKBN=1,ISCTR=1,HALKB=1]:977=>[YKBNK=1]:924	0.95	1.72	0.15	8.17
13	[YKBNK=1,HALKB=1,GARAN=1]:937=>[AKBNK=1]:886	0.95	1.82	0.16	8.64
14	[VAKBN=1,ISCTR=1,AKBNK=1]:985=>[YKBNK=1]:930	0.94	1.72	0.15	7.94
15	[VAKBN=1,ISCTR=1,GARAN=1]:969=>[AKBNK=1]:914	0.94	1.81	0.16	8.29
16	[TSKB=1,VAKBN=1,ISCTR=1]:958=>[YKBNK=1]:903	0.94	1.72	0.15	7.72
17	[YKBNK=1,VAKBN=1,GARAN=1]:979=>[AKBNK=1]:921	0.94	1.81	0.16	7.95
18	[VAKBN=1,HALKB=1,AKBNK=1]:962=>[YKBNK=1]:905	0.94	1.72	0.15	7.49
19	[YKBNK=1,ISCTR=1,GARAN=1]:995=>[AKBNK=1]:936	0.94	1.81	0.17	7.95
20	[VAKBN=1,AKBNK=1,GARAN=1]:972=>[ISCTR=1]:914	0.94	1.78	0.16	7.77
21	[YKBNK=1,VAKBN=1,AKBNK=1]:995=>[ISCTR=1]:930	0.93	1.77	0.16	7.11
22	[VAKBN=1,HALKB=1,AKBNK=1]:962=>[ISCTR=1]:899	0.93	1.77	0.15	7.08
23	[YKBNK=1,HALKB=1,AKBNK=1]:955=>[ISCTR=1]:892	0.93	1.77	0.15	7.03
24	[YKBNK=1,AKBNK=1,GARAN=1]:1003=>[ISCTR=1]:936	0.93	1.77	0.16	6.95
25	[YKBNK=1,ISCTR=1,GARAN=1]:995=>[VAKBN=1]:928	0.93	1.75	0.16	6.86
26	[VAKBN=1,ISCTR=1,AKBNK=1]:985=>[GARAN=1]:914	0.93	1.82	0.16	6.72
27	[YKBNK=1,HALKB=1,AKBNK=1]:955=>[GARAN=1]:886	0.93	1.82	0.16	6.71
28	[YKBNK=1,VAKBN=1,HALKB=1]:996=>[ISCTR=1]:924	0.93	1.75	0.16	6.43
29	[YKBNK=1,ISCTR=1,AKBNK=1]:1010=>[GARAN=1]:936	0.93	1.82	0.17	6.62
30	[VAKBN=1,ISCTR=1]:1103=>[YKBNK=1]:1022	0.93	1.69	0.16	6.07
31	[ISCTR=1,GARAN=1]:1074=>[YKBNK=1]:995	0.93	1.69	0.16	6.06
32	[VAKBN=1,GARAN=1]:1057=>[YKBNK=1]:979	0.93	1.69	0.16	6.04
33	[YKBNK=1,VAKBN=1,AKBNK=1]:995=>[GARAN=1]:921	0.93	1.82	0.16	6.52
34	[ISCTR=1,AKBNK=1,GARAN=1]:988=>[VAKBN=1]:914	0.93	1.74	0.15	6.17
35	[ISCTR=1,HALKB=1]:1057=>[VAKBN=1]:977	0.92	1.74	0.16	6.11
36	[HALKB=1,AKBNK=1]:1041=>[VAKBN=1]:962	0.92	1.74	0.16	6.1
37	[YKBNK=1,HALKB=1]:1078=>[VAKBN=1]:996	0.92	1.74	0.17	6.09
38	[ISCTR=1,AKBNK=1]:1094=>[YKBNK=1]:1010	0.92	1.68	0.16	5.81
39	[TSKB=1,YKBNK=1,ISCTR=1]:979=>[VAKBN=1]:903	0.92	1.74	0.15	5.96
40	[HALKB=1,GARAN=1]:1016=>[YKBNK=1]:937	0.92	1.68	0.15	5.73
41	[HALKB=1,GARAN=1]:1016=>[VAKBN=1]:937	0.92	1.74	0.16	5.95
42	[HALKB=1,GARAN=1]:1016=>[AKBNK=1]:936	0.92	1.77	0.16	6.01
43	[YKBNK=1,ISCTR=1,AKBNK=1]:1010=>[VAKBN=1]:930	0.92	1.73	0.16	5.84
44	[TSKB=1,YKBNK=1,VAKBN=1]:981=>[ISCTR=1]:903	0.92	1.74	0.15	5.85
45	[VAKBN=1,ISCTR=1,HALKB=1]:977=>[AKBNK=1]:899	0.92	1.77	0.15	5.93
46	[ISCTR=1,GARAN=1]:1074=>[AKBNK=1]:988	0.92	1.77	0.17	5.92
47	[ISCTR=1,HALKB=1]:1057=>[YKBNK=1]:972	0.92	1.68	0.16	5.55
48	[VAKBN=1,GARAN=1]:1057=>[AKBNK=1]:972	0.92	1.77	0.17	5.89
49	[YKBNK=1,AKBNK=1,GARAN=1]:1003=>[VAKBN=1]:921	0.92	1.73	0.15	5.66
50	[YKBNK=1,ISCTR=1,HALKB=1]:972=>[AKBNK=1]:892	0.92	1.76	0.15	5.75
51	[HALKB=1,AKBNK=1]:1041=>[YKBNK=1]:955	0.92	1.67	0.15	5.4
52	[YKBNK=1,GARAN=1]:1094=>[AKBNK=1]:1003	0.92	1.76	0.17	5.7
53	[VAKBN=1,GARAN=1]:1057=>[ISCTR=1]:969	0.92	1.73	0.16	5.6
54	[VAKBN=1,AKBNK=1]:1086=>[YKBNK=1]:995	0.92	1.67	0.16	5.33
55	[SAHOL=1,GARAN=1]:975=>[AKBNK=1]:892	0.91	1.76	0.15	5.56
56	[KOZAL=1,IPEKE=1]:982=>[KOZAA=1]:898	0.91	1.79	0.16	5.66
57	[AKBNK=1,GARAN=1]:1098=>[YKBNK=1]:1003	0.91	1.67	0.16	5.16
58	[YKBNK=1,VAKBN=1,GARAN=1]:979=>[HALKB=1]:894	0.91	1.73	0.15	5.38
59	[VAKBN=1,ISCTR=1,AKBNK=1]:985=>[HALKB=1]:899	0.91	1.73	0.15	5.35
60	[YKBNK=1,VAKBN=1,ISCTR=1]:1022=>[AKBNK=1]:930	0.91	1.75	0.16	5.27
61	[YKBNK=1,VAKBN=1,AKBNK=1]:995=>[HALKB=1]:905	0.91	1.72	0.15	5.17
62	[YKBNK=1,GARAN=1]:1094=>[ISCTR=1]:995	0.91	1.72	0.16	5.16
63	[YKBNK=1,VAKBN=1,HALKB=1]:996=>[AKBNK=1]:905	0.91	1.74	0.15	5.19
64	[YKBNK=1,VAKBN=1,ISCTR=1]:1022=>[GARAN=1]:928	0.91	1.79	0.16	5.29
65	[HALKB=1,GARAN=1]:1016=>[ISCTR=1]:922	0.91	1.72	0.15	5.04
66	[VAKBN=1,AKBNK=1]:1086=>[ISCTR=1]:985	0.91	1.72	0.16	5.02
67	[HALKB=1,AKBNK=1]:1041=>[ISCTR=1]:943	0.91	1.71	0.16	4.96

Tablo 5. Devamı

68	[YKBNK=1,VAKBN=1]:1130=>[ISCTR=1]:1022	0.9	1.71	0.17	4.89
69	[YKBNK=1,VAKBN=1,ISCTR=1]:1022=>[HALKB=1]:924	0.9	1.71	0.15	4.88
70	[ISCTR=1,AKBNK=1]:1094=>[GARAN=1]:988	0.9	1.78	0.17	5.03
71	[EKGYO=1,AKBNK=1]:995=>[YKBNK=1]:898	0.9	1.65	0.14	4.58
72	[ISCTR=1,GARAN=1]:1074=>[VAKBN=1]:969	0.9	1.7	0.16	4.75
73	[YKBNK=1,HALKB=1]:1078=>[ISCTR=1]:972	0.9	1.71	0.16	4.75
74	[ISCTR=1,AKBNK=1]:1094=>[VAKBN=1]:985	0.9	1.69	0.16	4.66
Conf.:Güven düzeyini, Lift:Birlikte hareket etme katsayısı, Lev.:Kaldıraç etkisi, Conv.: İlişki düzeyi					
Gözlem Sayısı: 2529 (Gün sayısı), Alternatifler: 83, Veri Aralığı:06.12.2012-30.12.2022					
Minimum Güven Düzeyi: 0.90, Minimum Destek Değeri: 0.10					

1 numaralı kural incelendiğinde; VAKBN, ISCTR, GARAN hisse senetleri 2529 gözlem içerisinde 969 kez aynı yönde birlikte hareket etmişler ve 928 hareketin tamamında YKBNK hissesi bu endekslere eşlik etmiştir. Bu kuralın güven düzeyi ise 928/969 işlemi sonucu 0.96; destek değeri $928/2529 = \%36.7$ olarak görülmektedir. Yani 2529 gözlemin $\%36.7$ 'sinde birliklilik görülmekte, bu değer de $\%10$ olarak belirlenen minimum destek değerinin üzerindedir. İlgili (lift) değeri ile VAKBN, ISCTR, GARAN hisse senetlerinin gerçekleştiği işlemlerde YKBNK hisse senedinin de satın alınmasını 1.75 kat arttırdığını göstermektedir. Kaldıraç (leverage) değerinde; VAKBN, ISCTR, GARAN ve YKBNK hisse senetlerinin birlikte satın alınmalarının, birbirlerinden bağımsız olarak satın alınmalarından 0.16 fazla olduğu tespit edilmektedir. Kanaat (conviction) ilişki düzeyi 10.42 çıkararak; VAKBN, ISCTR, GARAN hisse senetlerinin gerçekleştiği işlemlerde YKBNK hisse senedinin de satın alınma işleminin aynı yönlü olduğu görülmektedir. Diğer kurallar da benzer şekilde yorumlanabilir.

İncelenen dönem için ilk olarak tüm hisse senetleri kullanılarak birliklilikleri incelenmiş ve yukarıda sunulmuştur. Bu aşamada kümeleme analizi ile elde edilen kümelerin ayrı ayrı birliklilik analizleri gerçekleştirilecektir. GOZDE hisse senedi 8. kümede tek başına kümelendiğinden ve herhangi bir birliklilik sağlamadığından analiz dışında tutulmuştur.

Küme Bazında FP-Growth Birliklilik Kuralları Analizi

1. küme içerisinde AEFES, AKSEN, ALBRK, BAGFS, COLA, DOHOL, GLYHO, GSDHO, IPEKE, ISGYO, KOZAA, NTHOL, SKBNK, SNGYO, TAVHL, TKFEN, TRGYO, TSKB, TTRAK, TURSG, ULKER hisse senetleri yer almaktadır. Bu hisse senetleri 0.90 güven düzeyinde, 1270 birliklilik kuralı vermiştir. İlk 10 kural Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 6. Küme 1 için FP-Growth Birliklilik Kuralları Analizi

Sıra	Birliklilik Kuralları	Conf.	Lift	Level	Conv.
1	[SNGYO=1,ISGYO=1,SKBNK=1,AEFES=1,ULKER=1]:408=>[ALBRK=1]:383	0.94	1.48	0.05	5.73
2	[ALBRK=1,SKBNK=1,TURSG=1,TAVHL=1,BAGFS=1]:415=>[TSKB=1]:388	0.93	1.46	0.05	5.36
3	[ISGYO=1,ALBRK=1,SKBNK=1,TURSG=1,TRGYO=1,TKFEN=1]:409=>[TSKB=1]:381	0.93	1.46	0.05	5.1
4	[ALBRK=1,SKBNK=1,TRGYO=1,TKFEN=1,ULKER=1]:422=>[TSKB=1]:393	0.93	1.46	0.05	5.08
5	[ALBRK=1,SKBNK=1,TURSG=1,TTRAK=1,BAGFS=1]:433=>[TSKB=1]:403	0.93	1.46	0.05	5.05
6	[ALBRK=1,SKBNK=1,TRGYO=1,TAVHL=1,TKFEN=1]:418=>[TSKB=1]:389	0.93	1.46	0.05	5.04
7	[DOHOL=1,SKBNK=1,TURSG=1,TRGYO=1,ULKER=1]:415=>[TSKB=1]:386	0.93	1.46	0.05	5
8	[ISGYO=1,ALBRK=1,SKBNK=1,TURSG=1,TRGYO=1,BAGFS=1]:414=>[TSKB=1]:385	0.93	1.46	0.05	4.99
9	[GSDHO=1,ALBRK=1,SKBNK=1,TURSG=1,TRGYO=1,BAGFS=1]:413=>[TSKB=1]:384	0.93	1.46	0.05	4.98
10	[ALBRK=1,SKBNK=1,TURSG=1,TRGYO=1,TAVHL=1]:427=>[TSKB=1]:397	0.93	1.46	0.05	4.98
Conf.:Güven düzeyi, Lift:Birlikte hareket etme katsayısı, Lev.:Kaldıraç etkisi, Conv.: İlişki düzeyi					
Gözlem Sayısı: 2529 (Gün sayısı), Alternatifler: 21, Veri Aralığı:06.12.2012-30.12.2022					
Minimum Güven Düzeyi: 0.90, Minimum Destek Değeri: 0.1					

2. küme içerisinde AGHOL, ALGYO, BRYAT, EGEEN, KARTN hisse senetleri yer almaktadır. Bu hisse senetleri 0.80 güven düzeyinde, 5 birliklilik kuralı vermiş ve Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 7. Küme 2 için FP-Growth Birliklilik Kuralları Analizi

Sıra	Birliklilik Kuralları	Conf.	Lift	Level	Conv.
1	[ALGYO=1,BRYAT=1,EGEEN=1,AGHOL=1]:447=>[KARTN=1]:367	0.82	1.59	0.05	2.67
2	[BRYAT=1,KARTN=1,EGEEN=1,AGHOL=1]:448=>[ALGYO=1]:367	0.82	1.51	0.05	2.51
3	[ALGYO=1,BRYAT=1,EGEEN=1]:602=>[KARTN=1]:483	0.8	1.55	0.07	2.43
4	[ALGYO=1,BRYAT=1,KARTN=1,AGHOL=1]:458=>[EGEEN=1]:367	0.8	1.56	0.05	2.42
5	[BRYAT=1,EGEEN=1,AGHOL=1]:560=>[KARTN=1]:448	0.8	1.55	0.06	2.4
Conf.:Güven düzeyi, Lift:Birlikte hareket etme katsayısı, Lev.:Kaldıraç etkisi, Conv.: İlişki düzeyi					
Gözlem Sayısı : 2529 (Gün sayısı), Alternatifler: 5, Veri Aralığı:06.12.2012-30.12.2022					
Minimum Güven Düzeyi: 0.80, Minimum Destek Değeri: 0.1					

3. küme içerisinde AKBNK, GARAN, HALKB, ISCTR, VAKBN, YKBNK hisse senetleri yer almaktadır. Bu hisse senetleri, 0.90 güven düzeyinde, 68 birliktelik kuralı vermiştir. İlk 10 kural, Tablo 8’de gösterilmektedir.

Tablo 8. Küme 3 için FP-Growth Birliktelik Kuralları Analizi

Sıra	Birliktelik Kuralları	Conf.	Lift	Level	Conv.
1	[VAKBN=1,ISCTR=1,GARAN=1]:969=>[YKBNK=1]:928	0.96	1.75	0.16	10.42
2	[YKBNK=1,HALKB=1,GARAN=1]:937=>[VAKBN=1]:894	0.95	1.8	0.16	9.98
3	[VAKBN=1,HALKB=1,GARAN=1]:937=>[YKBNK=1]:894	0.95	1.74	0.15	9.62
4	[ISCTR=1,HALKB=1,AKBNK=1]:943=>[VAKBN=1]:899	0.95	1.79	0.16	9.82
5	[YKBNK=1,ISCTR=1,HALKB=1]:972=>[VAKBN=1]:924	0.95	1.79	0.16	9.29
6	[YKBNK=1,VAKBN=1,GARAN=1]:979=>[ISCTR=1]:928	0.95	1.79	0.16	8.87
7	[YKBNK=1,HALKB=1,AKBNK=1]:955=>[VAKBN=1]:905	0.95	1.78	0.16	8.77
8	[VAKBN=1,AKBNK=1,GARAN=1]:972=>[YKBNK=1]:921	0.95	1.73	0.15	8.44
9	[ISCTR=1,AKBNK=1,GARAN=1]:988=>[YKBNK=1]:936	0.95	1.73	0.16	8.42
10	[HALKB=1,AKBNK=1,GARAN=1]:936=>[YKBNK=1]:886	0.95	1.73	0.15	8.29

Conf.:Güven düzeyini, Lift:Birlikte hareket etme katsayısı, Lev.:Kaldıraç etkisi, Conv.: İlişki düzeyi
Gözlem Sayısı: 2529 (Gün sayısı), Alternatifler: 6, Veri Aralığı:06.12.2012-30.12.2022
Minimum Güven Düzeyi: 0.90, Minimum Destek Değeri: 0.1

4. küme içerisinde AKFGY, AKSA, ALARK, ALKIM, BUCIM, CEMTS, CIMS, DEVA, DOAS, ECILC, ERBOS, GUBRF, ISFIN, KARSN, KORDS, OTKAR, SELEC, TMSN, YATAS hisse senetleri yer almaktadır. Bu hisse senetleri, 0.90 güven düzeyinde, 126 birliktelik kuralı vermiştir. İlk 10 kural, Tablo 9’da gösterilmektedir.

Tablo 9. Küme 4 için FP-Growth Birliktelik Kuralları Analizi

Sıra	Birliktelik Kuralları	Conf.	Lift	Level	Conv.
1	[ISFIN=1,YATAS=1,SELEC=1,ECILC=1]:586=>[BUCIM=1]:540	0.92	1.29	0.05	3.58
2	[ISFIN=1,YATAS=1,ECILC=1,GUBRF=1]:585=>[BUCIM=1]:538	0.92	1.29	0.05	3.5
3	[YATAS=1,CEMETS=1,ECILC=1,GUBRF=1]:556=>[BUCIM=1]:511	0.92	1.29	0.05	3.47
4	[YATAS=1,CEMETS=1,ECILC=1,DEVA=1]:592=>[BUCIM=1]:544	0.92	1.29	0.05	3.47
5	[ISFIN=1,YATAS=1,KARSN=1,ECILC=1]:622=>[BUCIM=1]:571	0.92	1.29	0.05	3.43
6	[ISFIN=1,YATAS=1,ECILC=1,KORDS=1]:576=>[BUCIM=1]:528	0.92	1.29	0.05	3.37
7	[ISFIN=1,YATAS=1,ECILC=1,DOAS=1]:575=>[BUCIM=1]:527	0.92	1.29	0.05	3.37
8	[YATAS=1,ALARK=1,ECILC=1,TMSN=1]:559=>[BUCIM=1]:512	0.92	1.28	0.04	3.34
9	[ISFIN=1,YATAS=1,ALARK=1,ECILC=1]:642=>[BUCIM=1]:588	0.92	1.28	0.05	3.35
10	[YATAS=1,ALARK=1,ECILC=1,DEVA=1]:593=>[BUCIM=1]:543	0.92	1.28	0.05	3.34

Conf.:Güven düzeyini, Lift:Birlikte hareket etme katsayısı, Lev.:Kaldıraç etkisi, Conv.: İlişki düzeyi
Gözlem Sayısı: 2529 (Gün sayısı), Alternatifler: 19, Veri Aralığı:06.12.2012-30.12.2022
Minimum Güven Düzeyi: 0.90, Minimum Destek Değeri: 0.1

5. küme içerisinde ARCLK, BIMAS, ENKAI, FROTO, KCHOL, SAHOL, TCELL, TOASO, TTKOM hisse senetleri yer almaktadır. Bu hisse senetleri, 0.90 güven düzeyinde, 14 birliktelik kuralı Tablo 10’da gösterilmektedir.

Tablo 10. Küme 5 için FP-Growth Birliktelik Kuralları Analizi

Sıra	Birliktelik Kuralları	Conf.	Lift	Level	Conv.
1	[FROTO=1,TTKOM=1,TOASO=1,SAHOL=1,ARCLK=1]:432=>[KCHOL=1]:400	0.93	1.72	0.07	6.04
2	[TCELL=1,TTKOM=1,TOASO=1,SAHOL=1,ARCLK=1]:431=>[KCHOL=1]:398	0.92	1.71	0.07	5.85
3	[FROTO=1,TCELL=1,TOASO=1,SAHOL=1,ARCLK=1]:427=>[KCHOL=1]:394	0.92	1.71	0.06	5.8
4	[FROTO=1,TCELL=1,TTKOM=1,SAHOL=1,ARCLK=1]:413=>[KCHOL=1]:380	0.92	1.71	0.06	5.61
5	[TCELL=1,KCHOL=1,TTKOM=1,TOASO=1,ARCLK=1]:433=>[SAHOL=1]:398	0.92	1.72	0.07	5.61
6	[FROTO=1,BIMAS=1,TOASO=1,SAHOL=1,ARCLK=1]:419=>[KCHOL=1]:385	0.92	1.71	0.06	5.52
7	[FROTO=1,TCELL=1,TTKOM=1,TOASO=1,SAHOL=1]:422=>[KCHOL=1]:385	0.91	1.69	0.06	5.12
8	[FROTO=1,TOASO=1,SAHOL=1,ARCLK=1]:539=>[KCHOL=1]:491	0.91	1.69	0.08	5.08
9	[TCELL=1,TOASO=1,SAHOL=1,ARCLK=1]:515=>[KCHOL=1]:468	0.91	1.69	0.08	4.95
10	[FROTO=1,TCELL=1,KCHOL=1,TTKOM=1,ARCLK=1]:419=>[SAHOL=1]:380	0.91	1.7	0.06	4.89
11	[TTKOM=1,TOASO=1,SAHOL=1,ARCLK=1]:532=>[KCHOL=1]:481	0.9	1.68	0.08	4.72
12	[FROTO=1,TTKOM=1,SAHOL=1,ARCLK=1]:508=>[KCHOL=1]:459	0.9	1.68	0.07	4.69
13	[FROTO=1,KCHOL=1,TTKOM=1,TOASO=1,ARCLK=1]:443=>[SAHOL=1]:400	0.9	1.69	0.06	4.7
14	[ENKAI=1,TOASO=1,SAHOL=1,ARCLK=1]:497=>[KCHOL=1]:448	0.9	1.67	0.07	4.59

Conf.:Güven düzeyini, Lift:Birlikte hareket etme katsayısı, Lev.:Kaldıraç etkisi, Conv.: İlişki düzeyi
Gözlem Sayısı: 2529 (Gün sayısı), Alternatifler: 9, Veri Aralığı:06.12.2012-30.12.2022
Minimum Güven Düzeyi: 0.90, Minimum Destek Değeri: 0.1

6. küme içerisinde ASELS, EKGYO, EREGL, KOZAL, KRDM, PETKM, SISE, THYAO, TUPRS hisse senetleri yer almaktadır. Bu hisse senetleri 0.90 güven düzeyinde, 20 birlikte kuralı vermiştir. İlk 10 kural, Tablo 11’de gösterilmektedir.

Tablo 11. Küme 6 için FP-Growth Birlikte Kuralları Analizi

Sıra	Birlikte Kuralları	Conf.	Lift	Level	Conv.
1	[PETKM=1,SISE=1,KRDM=1,ASELS=1,TUPRS=1,THYAO=1,KOZAL=1]:276=>[EKGYO=1]:253	0.92	1.61	0.04	4.97
2	[PETKM=1,EREGL=1,KRDM=1,ASELS=1,TUPRS=1,THYAO=1,KOZAL=1]:280=>[EKGYO=1]:256	0.91	1.61	0.04	4.84
3	[PETKM=1,KRDM=1,ASELS=1,TUPRS=1,THYAO=1,KOZAL=1]:320=>[EKGYO=1]:291	0.91	1.6	0.04	4.61
4	[PETKM=1,EKGYO=1,EREGL=1,ASELS=1,TUPRS=1,THYAO=1,KOZAL=1]:282=>[KRDM=1]:256	0.91	1.63	0.04	4.63
5	[EKGYO=1,EREGL=1,KRDM=1,ASELS=1,TUPRS=1,THYAO=1,KOZAL=1]:282=>[PETKM=1]:256	0.91	1.55	0.04	4.32
6	[PETKM=1,EREGL=1,SISE=1,KRDM=1,TUPRS=1,THYAO=1,KOZAL=1]:281=>[EKGYO=1]:255	0.91	1.6	0.04	4.49
7	[EKGYO=1,EREGL=1,SISE=1,ASELS=1,TUPRS=1,THYAO=1]:373=>[KRDM=1]:338	0.91	1.63	0.05	4.59
8	[EKGYO=1,EREGL=1,SISE=1,ASELS=1,THYAO=1]:466=>[KRDM=1]:422	0.91	1.63	0.06	4.59
9	[PETKM=1,EKGYO=1,EREGL=1,SISE=1,ASELS=1,TUPRS=1,THYAO=1]:336=>[KRDM=1]:304	0.9	1.62	0.05	4.51
10	[PETKM=1,EKGYO=1,EREGL=1,SISE=1,ASELS=1,THYAO=1]:418=>[KRDM=1]:378	0.9	1.62	0.06	4.52

Conf.:Güven düzeyini, Lift:Birlikte hareket etme katsayısı, Lev.:Kaldıraç etkisi, Conv.: İlişki düzeyi
Gözlem Sayısı: 2529 (Gün sayısı), Alternatifler: 9, Veri Aralığı:06.12.2012-30.12.2022
Minimum Güven Düzeyi: 0.90, Minimum Destek Değeri: 0.1

7. küme içerisinde BERA, HEKTS, ISMEN, JANTS, LOGO, PRKAB, SASA, TUKAS, VESBE, VESTL hisse senetleri yer almaktadır. Bu hisse senetleri, 0.90 güven düzeyinde, 24 birlikte kuralı vermiştir. İlk 10 kural, Tablo 12’de gösterilmektedir.

Tablo 12. Küme 7 için FP-Growth Birlikte Kuralları Analizi

Sıra	Birlikte Kuralları	Conf.	Lift	Level	Conv.
1	[HEKTS=1,TUKAS=1,JANTS=1,VESTL=1]:571=>[VESBE=1]:526	0.92	1.44	0.06	4.46
2	[ISMEN=1,SASA=1,PRKAB=1,JANTS=1]:621=>[HEKTS=1]:569	0.92	1.24	0.04	3.09
3	[HEKTS=1,ISMEN=1,TUKAS=1,VESTL=1]:621=>[VESBE=1]:569	0.92	1.43	0.07	4.21
4	[HEKTS=1,TUKAS=1,PRKAB=1,VESTL=1]:593=>[VESBE=1]:542	0.91	1.43	0.06	4.09
5	[HEKTS=1,SASA=1,TUKAS=1,VESTL=1]:636=>[VESBE=1]:580	0.91	1.42	0.07	4.01
6	[ISMEN=1,SASA=1,TUKAS=1,VESTL=1]:589=>[VESBE=1]:537	0.91	1.42	0.06	3.99
7	[SASA=1,TUKAS=1,PRKAB=1,VESTL=1]:563=>[VESBE=1]:513	0.91	1.42	0.06	3.96
8	[ISMEN=1,SASA=1,PRKAB=1,VESTL=1]:601=>[HEKTS=1]:547	0.91	1.24	0.04	2.88
9	[SASA=1,TUKAS=1,PRKAB=1,VESTL=1]:563=>[HEKTS=1]:512	0.91	1.24	0.04	2.86
10	[SASA=1,VESBE=1,PRKAB=1,JANTS=1]:616=>[HEKTS=1]:560	0.91	1.23	0.04	2.85

Conf.:Güven düzeyini, Lift:Birlikte hareket etme katsayısı, Lev.:Kaldıraç etkisi, Conv.: İlişki düzeyi
Gözlem Sayısı: 2529 (Gün sayısı), Alternatifler: 10, Veri Aralığı:06.12.2012-30.12.2022
Minimum Güven Düzeyi: 0.90, Minimum Destek Değeri: 0.1

9. Küme içerisinde MGROS, NUGYO, OYAKC hisse senetleri yer almaktadır. Bu hisse senetleri, 0.70 güven düzeyinde, 2 birlikte kuralı vermiş ve Tablo 13’te gösterilmektedir.

Tablo 13. Küme 9 için FP-Growth Birlikte Kuralları Analizi

Sıra	Birlikte Kuralları	Conf.	Lift	Level	Conv.
1	[MGROS=1,NUGYO=1]:822=>[OYAKC=1]:606	0.74	1.33	0.06	1.69
2	[OYAKC=1,NUGYO=1]:867=>[MGROS=1]:606	0.7	1.33	0.06	1.57

Conf.:Güven düzeyini, Lift:Birlikte hareket etme katsayısı, Lev.:Kaldıraç etkisi, Conv.: İlişki düzeyi
Gözlem Sayısı: 2529 (Gün sayısı), Alternatifler: 3, Veri Aralığı:06.12.2012-30.12.2022
Minimum Güven Düzeyi: 0.70, Minimum Destek Değeri: 0.1

Kümelerin kendi içindeki birlikte kurallarının yorumlanması sonuç kısmında detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Sonuç

Portföyü çeşitlendirmek ödül ve riski dengelemek için yapılmaktadır. Bu çalışma hem bireysel hem de kurumsal portföy yöneticilerine portföy yönetim süreçlerinde destek sağlamak ve yol göstermek amacıyla ortaya konulmuştur. Bu çalışmada Kümeleme Analizi ve Birlikte Kuralları Analizi hibrit bir şekilde kullanılmıştır. Çalışmada ilk olarak BIST’te işlem gören hisse senetleri belirlenen değişkenler yardımıyla Kümeleme Analizi ile gruplandırılmıştır. Buradaki amaç, benzer özelliklere sahip hisse senetleri arasındaki kardeşlikleri belirlemektir. Bu hisse senetlerini daha iyi kategorize etme imkânı sağlayacak ve hisse senetlerinin karakteristik özellikleriyle ilgili detaylı bilgiye erişme imkânı verecektir. Daha sonra tüm hisse senetlerinin ve kümeleme analizi

ile oluşan grupların kendi içerisinde oluşturdukları birliktelikleri incelemek için Birliktelik Kuralları Analizi uygulanmıştır. Buradaki temel amaç hisse senetlerinin ortak hareketlerinin incelenmesidir. Bu işlem iki ana nedenden dolayı gerçekleştirilmektedir. Birincisi, birliktelik kuralları tespit edilen hisse senetlerinde yukarı ve aşağı yönlü hareketlerin, diğer kural tespit edilen hisse senetlerinde de aynı şekilde davranmasına neden olacağı düşünülerek uzun süreçte pozisyon olarak kazanç potansiyelinden yararlanılabilecektir. Elde edilen bulgular portföy çeşitlendirme açısından değerlendirildiğinde ortak hareket etmeyen hisse senetleri için çeşitlendirme amacıyla kullanılabilir. Bu durum portföyün toplam riskini azaltarak, riski sevmeyen yatırımcılar için tercih edilebilir.

Kümeleme Analizini sonucunda; 1. Kümede, farklı sektörlerden farklı büyüklükteki şirketler yer almıştır. Bu şirketler piyasada değeri olarak orta büyüklükteki şirket grubu içerisinde yer almaktadır. 2. Kümede, genel olarak bedelsiz sermaye arttırım potansiyeli yüksek hisseler yer almaktadır (BRYAT, EGEEN, KARTN, AGHOL). 3. Kümede, bankaların diğer kümelerden ayrılarak en belirgin özelliği gösterdiği görülmektedir. 4. Kümede, ilaç sektörü, çimento ve otomotiv sektörüyle ilgili kuruluşların bu kümede yer aldığı tespit edilmiştir. 5. Kümede, BIST 30 endeksinin önemli ve büyük şirketleri yer almakta ve burada büyük holdingler bulunmaktadır. 6. Kümede, BIST 30 endeksinin genel olarak en büyük üretim işletmeleri (THYAO hariç) burada görülmektedir. 7. Kümede SASA, HEKTS ve VESTL grubu başı çekmektedir. Çeşitli sektörlerden, farklı büyüklükte hisseler yer almıştır. 8. Küme, diğer kümelere nazaran tek başına ayrılmaktadır. 9. Kümede perakende, yatırım ortaklığı ve çimento şirketi ile üç tane birbirine benzemeyen şirket bir araya gelmiştir. Ancak bu hisse senetleri, belirlenen değişkenlere göre benzer kümede yer almıştır. Genel olarak Küme 3, Küme 5 ve Küme 6 ilk 30 endeks içerisinde yer almaktadır.

Birliktelik Kuralları Analizinde 0.90 güven düzeyinde, 74 kuralın ilk 54 tanesinde banka dışında herhangi bir birliktelik kuralı çıkmamıştır. 100 endekse dâhil Türkiye'nin en büyük bankalarının AKBNK, GARAN, HALKB, ISCTR, TSKB, VAKBN, YKBNK bu kurallar içerisinde yer aldığı belirlenmiştir. Bu 54 kuralda, bankalar arasındaki birliktelikler o kadar güçlüdür ki, diğer şirketlerin bu birlikteliklere katılmasına imkân sağlamadığı görülmektedir. Ayrıca aynı grup şirketlerinden; AKBNK ve SAHOL, KOZAL & IPEKE ve KOZAA'nın birlikte hareket ettiği görülmüştür.

Analiz sonucunda genel olarak bankaların birlikte hareketleri gözlemlenmiştir. Bunun temel sebebinin de bankaların daha baskın olmasından kaynaklanmaktadır.

Araştırma bulguları incelendiğinde Birliktelik Kuralları Analizine ilişkin şu durumlar tespit edilmiştir:

- Türkiye'de finans sektöründe bulunan bankaların hisse senetleri arasında birliktelik hareketinin çok güçlü bir hareket olduğu söylenebilir (HALKB & VAKBN, AKBNK, ISCTR & YKBNK). Bu durumda yatırımcılar şu şekilde hareket edebilir:

- Birliktelik kuralları tespit edilmiş bankalardan bir tanesinin yukarı yönlü hareketi diğer banka hisselerinde de beklediği için yatırımcılar, henüz yükseliş trendine girmemiş banka hisse senetlerine yatırım yaparak potansiyel kâr yakalama fırsatı elde ederler. Aşağı yönlü harekette, düşüşte olan bir banka hisse senedi varsa öncü zararı diğer şirketlerin yaşamaması için yatırımcıların diğer banka hisse senetlerini elden çıkarmaları gerekir.

- Yatırımcılar, riski azaltmak amacıyla portföy çeşitlendirmesi yapmak istiyorsa birliktelik kuralları tespit edilmeyen yatırım araçlarıyla portföy çeşitlendirmesi yapmalıdırlar. Çünkü birlikte hareket eden hisselerden oluşacak bir portföy ile portföyün toplam riski ile yatırım araçlarının riski aynı düzeyde olacaktır. Portföy yönetimi açısından bakıldığında portföyün toplam riskinin yatırım araçlarının teker teker risklerinin toplamından daha düşük olması beklenir. Yani sadece yatırım aracı sayısını artırarak riskin azalmasını beklemek yerine olaylara farklı tepkiler verebilen hisse senetlerinden oluşan bir portföy oluşturmak yatırımcılar açısından daha az riskli olacaktır.

- Gayrimenkul yatırım ortaklığı şirketlerinden ISGYO, SNGYO ve TRGYO'nun,
- Bedelsiz sermaye arttırım potansiyeli yüksek şirketlerin BRYAT ve EGEEN'in,
- İlaç sektöründe faaliyet gösteren ECILC, DEVA, GENIL ve SELEC'in,
- Aynı grup şirketlerinden ortaklık ilişkisi bulunan ARCLK, FROTO, KCHOL & TOASO - CIMS A & ENJSA – BUCIM & CEMTS – KOZAA, KOZAL & IPEKE – AKBNK-SAHOL'un,
- BIST 30 endeksinin önemli ve büyük üretim şirketlerinden ASELS ve SISE'nin,
- Büyük holdinglerin DOHOL, KCHOL ve SAHOL'un,
- Beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren ARCLK, VESBE ve VESTL şirketlerinin,
- Petrokimya üretim sektöründe faaliyet gösteren PETKM ve TUPRS şirketlerinin,
- Demir çelik sektöründe faaliyet gösteren EREGL, ISDMR ve KRDMR şirketlerinin birlikte hareket ettikleri görülmektedir.

Bu bilgiler doğrultusunda çalışmanın hem bireysel hem de kurumsal portföy yöneticilerine, sermaye piyasalarını takip eden bireylere, fon yöneticilerine kaynak gösterilerek sermaye piyasalarına yatırım yapan ya da yapmayı düşünen küçük yatırımcılar içinde, portföy çeşitlendirebilmesi açısından çalışmanın yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın yöntemi itibarıyla literatüre özgün bir yaklaşım ve katkı sunması amaçlanmaktadır. Türkiye Sermaye Piyasaları Birliği 2022 yılı raporuna göre Türkiye'de hisse senedi yatırımcılarının yatırım araçlarını elde tutma süreleri 25 gündür. Bu

durum da dikkate alındığında bundan sonra yapılacak çalışmalarda gün içi verilerle benzer çalışmaların yapılması uzun vadeli yatırımcılardan daha çok, gün içi işlem yapan veya daha kısa vadeli işlem yapan yatırımcılara yol gösterecektir.

Bu araştırma kapsamında ortaya konan düşünceler “yatırım tavsiyesi” niteliğinde değildir. Belirtilen araştırma dönemine ilişkin verilerle gerçekleştirilen analizler sonucunda ortaya konan bulguların çıkarımlarıdır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkısı: Çalışma Konsepti/Tasarımı: D.Y.Ç.; Veri Toplama: D.Y.Ç.; Veri Analizi /Yorumlama: D.Y.Ç.; Yazı Taslağı: D.Y.Ç.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: M.K.; Son Onay ve Sorumluluk: D.Y.Ç., M.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: D.Y.Ç.; Data Acquisition: D.Y.Ç.; Data Analysis/Interpretation: D.Y.Ç.; Drafting Manuscript: D.Y.Ç.; Critical Revision of Manuscript: M.K.; Final Approval and Accountability: D.Y.Ç., M.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:

Damla Yalçiner Çal 0000-0002-9232-3063

Meltem Karaatlı 0000-0002-7403-9587

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Agrawal, R. & Srikant, R. (1994). Fast Algorithms for Mining Association Rules in Large Databases. Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases, Santiago de Chile, 487-499.
- Alkarkhi, A.F.M. & Alqaraghuli, W.A.A. (2019). Cluster Analysis. Easy Statistics for Food Science with R, Academic Press Elsevier.
- Argiddi, R. & Apte, S.S. (2012). Future Trend Prediction of Indian IT Stock Market using Association Rule Mining of Transaction Data. International Journal of Computer Applications, 39(10), 30-34.
- Ata Yatırım, <https://atayatirim.com.tr/arastirma-raporlari-detay?reportId=10759> (Erişim Tarihi: 13.07.2023).
- Ateş, Y. & Karabatak, M. (2017). Nicel Birliklilik Kuralları İçin Çoklu Minimum Destek Değeri. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 29(2), 57-65.
- Bahar, D. (2022). BIST100 Şirketlerinin Değerlemelerinde Piyasa Değeri/Defter Değeri Ve Fiyat/Kazanç Oranlarının Etkinliği. Yüksek Lisans Tezi, Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Bala, A., Shuaibu, M.Z., Lawal, Z.K. & Zakari, R.Y. (2016). Performance Analysis of Apriori and FP-Growth Algorithms (Association Rule Mining). International Journal of Computer Applications in Technology & Applications, 7(2), 279-293.
- Baydaş, M. & Eren, T. (2021). Finansal Performans Ölçümünde ÇKKV Yöntem Seçimi Problemine Objektif Bir Yaklaşım: Borsa İstanbul’da Bir Uygulama. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi, 16(3), 664-687.
- Bayram, S.S. (2022). Bankacılık Rekabetinde Şube Lokasyonlarının Birliklilik Kuralları ile Analizi. Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karabük.
- Berkhin, P. (2002). Survey of Clustering Data Mining Techniques. Accrue Software Inc.. California: San Jose.
- Bezdek, J.C. & Hathaway, R.J. (2002). VAT: A Tool for Visual Assessment of (Cluster) Tendency. Proceedings of the 2002 International Joint Conference on Neural Networks. IJCNN’02 (Cat.No.02CH37290), 3, 2225-2230.
- Bulduk, S. & Ecer, F. (2023). Entropi-Aras Yaklaşımıyla Kripto Para Yatırım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 14(37), 314-333.
- Changalasetty, S.B.. vd. (2021). Using EM Technique for Juvenile Crime Zoning. 2021 5th International Conference on Information Systems and Computer Networks (ISCON), Mathura, India, 1-6.
- Chen, M., Gao, X. & Li, H. (2009). An Efficient Parallel FP-Growth Algorithm. 2009 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery, 283-286.
- Çelik, T.B. (2016). İşlem Hacmi Değişimlerinin Fiyatlar Üzerindeki Etkisi ve Bist’de Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Çelik, E. (2020). Gayrimenkul Yatırım Ortaklıklarında Piyasa Değeri ve Aktif Karlılığı Etkileyen Finansal Oranların Panel Veri Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.



- Desfiandi, A., Desfiandi, A. & Ali, H. (2017). Composite Stock Price Index (IHSG) Macro Factor in Investment in Stock (Equity Funds). *International Journal of Economics and Financial Issues*, 7(3), 534-536.
- Diwate, R. & Sahu, A. (2014). Data Mining Techniques in Association Rule: A Review. *International Journal of Computer Science and Information Technologies (IJCSIT)*, 5(1), 227 -229.
- Erdem, K., Koy, A. & Akdağ, S. (2020). Pay Endekslerinde En Yüksek Fiyat Oluşumu ile İşlem Hacmi Arasındaki İlişki: Doğrusal Analizler ve Frekans Alanı Nedensellik Analizi ile Karşılaştırmalı Bir Yaklaşım. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 6(2), 157-173.
- Erpolat, S. (2012). Otomobil Yetkili Servislerinde Birlikte Kurallarının Belirlenmesinde Apriori ve Fp-Growth Algoritmalarının Karşılaştırılması. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(2), 137-146.
- Galimberti, G. & Soffritti, G. (2007). Model-Based Methods to Identify Multiple Cluster Structures in a Data Set. *Computational Statistics & Data Analysis*, 52, 520-536.
- Gazel, S. (2017). Hisse Senedi Piyasalarında İşlem Hacmi ve Volatilite İlişkisi: Kırılgan Beşli Ekonomiler Üzerine Bir İnceleme. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(2), 347-363.
- Gedik Yatırım, <https://gedik.com/hizmetler/arastirma-ve-analiz#2> (Erişim Tarihi: 14.07.2023).
- Gemici, B. (2012). Veri Madenciliği ve Bir Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Gürler, C. (2022). R Programlama Dili ile Kümeleme Analizi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(2), 341-366.
- Gürtay, E. (2017). İşlem Hacmi ve Hisse Senedi Fiyatları Arasındaki İlişki Üzerine Borsa İstanbul'da Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gümüşhane.
- Halk Yatırım, <https://analizim.halkyatirim.com.tr/>, (Erişim Tarihi: 13.07.2023).
- Han, J., Pei, J. & Kamber, M. (2006). Data Mining. Southeast Asia Edition. Elsevier Science & Technology. 2006. ProQuest Ebook Central. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/suleymanebooks/detail.action?docID=291712>.
- Han, J., Pei, J. & Kamber, M. (2011). Data Mining: Concepts and Techniques: Concepts and Techniques. Elsevier Science & Technology. Third Edition, San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Han, J., Pei, J., Yin, Y. & Mao, R. (2004). Mining Frequent Patterns without Candidate Generation: A Frequent-Pattern Tree Approach. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 8(1), 53-87.
- Info Yatırım, <https://infoyatirim.com/arastirma/analiz/sektorel-gostergeler> (Erişim Tarihi: 13.07.2023).
- Ingram, M. & Margetis, S. (2010). A Practical Method to Estimate the Cost of Equity for a Firm Using Cluster Analysis. *Managerial Finance*, 36(2), 160-167.
- Investing.Com, <https://tr.investing.com/equities/turk-hava-yollari> (Erişim Tarihi: 14.07.2023).
- İşıldak, M.S. (2020). Finansal Oranların Piyasa Değeri/Defter Değeri Oranına Etkisinin Panel Veri Analiziyle İncelenmesi: BIST'te Kayıtlı Doküman, Giyim Eşyası ve Deri Sektöründe Uygulama. *Ekonomik Yaklaşım Derneği*, 30(111), 71-100.
- Jobson, J.D. (1994). *Applied Multivariate Data Analysis: Volume II: Categorical and Multivariate Methods*, New York: Springer.
- Kaderli, Y. (2001). Bir Hisse Senedi Portföyü Oluşturmada Çeşitlendirme Aracı Olarak Banka Hisseleri. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- Kantardzic, M. (2003). Data Mining Concepts. Models. Methods and Algorithms, IEEE. 1-18.
- Karaatlı, M., Kocabıyık, T., Yalçınar Çal, D. & Çolak, M. (2021). BIST-30 Endeksinde Yer Alan Payların Ortak Hareketlerinin Veri Madenciliği Kapsamında Birlikte Kuralları ile İncelenmesi. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 13(25), 548-571.
- Karataş Elçiçek, Y. (2020). Vadeli İşlem Sözleşmelerini Getiri, İşlem Hacmi ve Volatilite Bazında Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi ve Etkilerinin Analizi Üzerine Ampirik Uygulamalar. Doktora Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.
- Karpio, K., Łukaszewicz, P., Orłowski, A. & Ząbkowski, T. (2013). Mining Associations on the Warsaw Stock Exchange. *Acta Physica Polonica A.*, 123(3), 553-559.
- Khalfallah, J. & Slama, J.B.H. (2018). A Comparative Study of the Various Clustering Algorithms in E- Learning Systems Using Weka Tools. 2018 JCCO Joint International Conference on ICT in Education and Training. International Conference on Computing in Arabic, and International Conference on Geocomputing (JCCO: TICET-ICCA-GECO), Hammamet, Tunisia, 1-7.
- Kocabıyık, T., Karaatlı, M. & Aktaş, K.B. (2021). Borsa İstanbul 30 Endeksinde Yer Alan Hisse Senetlerinin Kümelenmesi: COVID-19 Öncesi ve COVID-19 Dönemi İncelemesi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 13(3), 2537-2551.
- Koldere Akın, Y. (2008). Veri Madenciliğinde Kümeleme Algoritmaları ve Kümeleme Analizi. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Köse, İ. (2018). Veri Madenciliği Teori Uygulama ve Felsefesi. İstanbul: Papatya Bilim.
- Liao, S-H. & Chou, S-Y. (2013). Data Mining Investigation of Co-Movements on the Taiwan and China Stock Markets for Future Investment Portfolio. *Expert Systems with Applications*, 40(5), 1542-1554.
- Liao, S-H., Ho, H-H. & Lin, H-W. (2008). Mining Stock Category Association and Cluster on Taiwan Stock Market. *Expert Systems with Applications*, 35(1-2), 19-29.
- Liao, S-H., Pei-Hui, C. & Ying-Lu, Y. (2011). Mining the Co-Movement Between Foreign Exchange Rates and Category Stock Indexes in the Taiwan Financial Capital Market. *Expert Systems with Applications*, 38(4), 4608-4617.
- Mcintosh, A.M., Sharpe, M. & Lawrie, S.M. (2010). *Research Methods, Statistics and Evidence-Based Practice. Companion to Psychiatric Studies (Eighth Edition)*, Churchill Livingstone Elsevier.
- Na, S.H. & Sohn, S.Y. (2011). Forecasting Changes in Korea Composite Stock Price Index (KOSPI) Using Association Rules. *Expert Systems*

- with Applications, 38(7), 9046-9049.
- Nagpal, A., Jatain, A. & Gaur, D. (2013). Review Based on Data Clustering Algorithms. Proceedings of 2013 IEEE Conference on Information and Communication Technologies (ICT 2013), 298-303.
- Ng, R.T. & Han, J. (1994). Efficient and Effective Clustering Methods for Spatial Data Mining. Proceedings of the 20th VLDB Conference, Santiago, Chile, 144-155.
- Oğuzlar, A. (2004). Veri Madenciliğine Giriş. Bursa: Ekin Kitabevi.,
- Özgümiş, H., Korkmaz, T. & Çevik, E.İ. (2013). Makroekonomik Faktörlerin Vadeli İşlem (Futures) Sözleşmelerine Etkisi: VOB'ta Bir Uygulama. BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi, 7(1), 103-136.
- Pandey, A. & Pardasani, K.R. (2009). Rough Set Model for Discovering Hybrid Association Rules. *International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS)*, 9(6), 159-164.
- Patil, C. & Baidari, I. (2019). Estimating the Optimal Number of Clusters K in A Dataset Using Data Depth. *Data Science and Engineering*, 4, 133-134.
- Peña-Ayala, A. (2014). Educational Data Mining: A Survey and A Data Mining-Based Analysis of Recent Works. *Expert Systems with Applications*., 41(4), 1432-1462.
- Polat, M. & Kılıç, E. (2022). BRICS Ülkelerinde Döviz Kuru ve Borsa Arasındaki Getiri ve Volatilité Etkileşimi: VAR-EGARCH Modeli İle Bir Uygulama. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 49, 539-551.
- Sayılan, A.B. (2019). Veri Madenciliğinde Bazı Kümeleme Algoritmalarının Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Shawkat, M., Badawi, M., El-Ghamrawy, S., Arnous, R. & El-Desoky, A. (2022). An Optimized FP-Growth Algorithm for Discovery of Association Rules. *The Journal of Supercomputing*, 78, 5479-5506.
- Şahin, İ.E. & Karacan, K.B. (2019). BIST'te İşlem Gören İnşaat İşletmelerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Finansal Performans Ölçümü. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 3(2), 162-172.
- Şeker Yatırım, <https://www.sekeryatirim.com.tr/Kurumsal/FinansalRaporlar> (Erişim Tarihi: 14.07.2023).
- Şenol, Z., Koç, S. & Şenol, S. (2018).Hisse Senetleri Fiyatlarını Etkileyen Faktörlerin Dinamik Panel Veri Analiziyle İncelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(25), 119-135.
- Tan, P., Steinbach, M. & Kumar, V. (2005). Introduction to Data Mining Chapter 8: Cluster Analysis: Basic Concepts and Algorithms. US: Pearson Addison-Wesley.
- Teker, T. & Konuşkan, A. (2022). Fan Token Fiyatlarında Birliktelik Etkisi. Uluslararası İşletme. *Ekonomi ve Yönetim Perspektifleri Dergisi*, 6(2), 359-376.
- Tera Yatırım, <https://www.terayatirim.com/arastirma/hisse-senedi-raporlari> (Erişim Tarihi: 14.07.2023).
- Tibshirani, R., Walther, G. & Hastie, T. (2001). Estimating the Number of Clusters in a Data Set Via the Gap Statistic. *J R Stat Soc Ser B (Stat Methodol)*, 63(2), 411-423.
- Ünsal, Ö. (2020). Veri Madenciliği Teknikleri ile Hisse Senetleri Arasındaki Fiyat Etkileşimlerinin Belirlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(5), 106-112.
- Verma, N. & Baliyan, N. (2017). PAM Clustering Based Taxi Hotspot Detection for Informed Driving. 2017 8th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT), Delhi, India, 1-7.
- Xu, Z-M. & Zhang, R. (2009). Financial Revenue Analysis Based on Association Rules Mining. 2009 Asia- Pacific Conference on Computational Intelligence and Industrial Applications (PACIIA), Wuhan, China, 220-223.
- Yüksel, T. & Zontul, M. (2019). Dağıtık Sistemlerde Birliktelik Kuralları İle Sepet Analizi. *AURUM Mühendislik Sistemleri Ve Mimarlık Dergisi*, 3(1), 65-77.
- Zor, İ., Bozkurt, İ. & Öksüz S. (2016).Asimetrik Bilgi Düzeyinin Fiyat-Hacim İlişkisi Üzerindeki Etkisi: Borsa İstanbul Örneği. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(1), 119-135.

Atıf Biçimi / How cite this article

Yalçın Çal, D., & Karaatlı, M. (2024). Examination of stocks in the İstanbul stock exchange 100 index with clustering and association rules analysis. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 41, 34-53. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.41.1487849>

Operational Implications of Time Window Relaxation in Vehicle Routing Problems

Ahmet Çağlar Saygılı¹ , Halim Kazan² 

¹(Res. Assist.), İstanbul University, Faculty of Economics, Department of Business Administration, İstanbul, Türkiye

²(Prof. Dr.), İstanbul University, Faculty of Economics, Department of Business Administration, İstanbul, Türkiye

ABSTRACT

The Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) poses a significant challenge in logistics, requiring vehicles to meet the objective of minimising costs—such as distance travelled and total travel time—while adhering to specified delivery time constraints and vehicle capacities. This study investigates the implications of relaxing time window constraints by transitioning from VRPTW instances to standard Vehicle Routing Problem (VRP) instances. Our findings highlight notable differences between VRP and VRPTW configurations, particularly in total route length and consistency of route metrics. Removal of time window constraints generally resulted in shorter and more uniform route lengths, indicating operational benefits under certain conditions. However, our comparisons also revealed substantial variability in route structures across datasets, emphasising the cost implications of adhering to strict time windows. This study underscores the critical balance logistics firms must strike between operational efficiency and customer satisfaction when navigating the complexities of VRPTW. This research provides a foundation for future investigations into optimizing route planning under varying logistical constraints, with potential implications for enhanced flexibility and reduced operational costs despite dynamic delivery requirements. We used a state-of-the-art heuristic solver to solve instances from standard benchmark datasets heavily used for VRPTW literature.

Keywords: logistics, minimizing costs, delivery time constraints, operational efficiency, route planning

Introduction

The Vehicle Routing Problem (VRP) is a complex combinatorial optimisation problem that seeks to design optimal routes for multiple vehicles delivering goods or services to various destinations under specified constraints. Originating from the Travelling Salesman Problem (TSP), where the goal is to find the shortest possible route for a salesperson to visit each city and return to the origin, VRP extends this goal by incorporating multiple vehicles with capacities operating from one or more depots.

VRP aims to reduce costs like distance, time, and fuel while respecting limits on vehicle capacity, delivery times, customer needs, and driver shifts. The problem's complexity increases with the number of vehicles, geographic spread of delivery points, and quality and quantity of constraints, making it challenging to solve the problem optimally.

VRP is pivotal in logistics and has significant applications in transportation, distribution, and supply chain management, impacting overall efficiency and operational costs. It has spurred diverse variants with multiple attributes and solution methodologies, from exact algorithms to heuristic and metaheuristic approaches, to address the different forms and industry-specific requirements.

The Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) is a generalisation of the VRP, where each delivery location has a specific delivery time window. The objective is to minimise the total route cost while respecting these time constraints. VRPTW involves determining optimal routes for vehicles delivering to multiple locations. Each customer must be served within a specified time period, and vehicles must arrive on time. The solution aims to reduce costs, such as distance travelled or total travel time, while adhering to all time window constraints and vehicle capacity limits.

The primary focus of this study is to explore the effects of time window constraints on route structuring in VRP. Specifically, we aim to demonstrate, compare, and analyse the modifications in route configurations when these constraints are altered or removed.

Corresponding Author: Ahmet Çağlar Saygılı **E-mail:** caglar.saygili@istanbul.edu.tr

Submitted: 07.06.2024 • **Accepted:** 19.07.2024 • **Published Online:** 06.09.2024



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

Traditionally, time window constraints are integral to ensuring customer satisfaction; they dictate when deliveries must be made. However, firms may be unable to adhere to these constraints due to various unforeseen circumstances.

This research investigates the implications of transitioning from a standard VRP with strict time windows to a Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) in which these constraints are either absent or significantly relaxed. By removing or loosening time window constraints, an alternative route structure emerges, which we examine using numerous metrics to elucidate different aspects of route formation.

The fundamental question we address is as follows: What potential benefits can logistics firms accrue from not satisfying time window constraints under certain conditions? This relates to operational flexibility and potential gains in efficiency and customer service under varying logistical constraints.

Our paper is structured in the following manner. The literature review section provides a succinct yet comprehensive overview of existing VRPTW studies. Subsequently, the research problem section articulates our specific investigative focus within this field, setting the stage for further discussion. The methods section delineates the methodologies and analytical techniques used to address the research problem. The results section then presents the findings of our study. Finally, the conclusions section summarises the implications of our findings, discusses the limitations of our study, and suggests avenues for future research.

Literature Review

While the scope of our article necessarily limits the expansiveness of our literature review, we have endeavoured to include a substantial number of citations. These references are intended to guide interested readers towards a more in-depth exploration of topics related to VRPTW. By doing so, we ensure that although our review may not be exhaustive, it still serves as a valuable starting point for readers seeking extensive knowledge on current research and methodologies in this area.

In particular, we have included essential review papers and their brief descriptions to address the scope limitations and ensure comprehensive topic coverage. This approach provides readers with foundational insights and context while directing them to more detailed reviews of the cited works. Each selected review has been chosen for its relevance and contribution to the field, ensuring that despite the brevity of our review section, the quality and depth of the information remain uncompromised.

Vehicle Routing Problem with Time Windows

VRPTW addresses the challenge of designing optimal routes from a depot to a set of geographically scattered points, where each delivery or pickup location is constrained within specific time periods (Bräysy & Gendreau, 2002). This problem variant not only aims to minimise the total routing cost, including the distance and travel time, and it also adds the complexity of scheduling within tight time frames, which significantly impacts solution feasibility and optimisation strategies.

In the context of the problem, time constraints can be categorised into two types: soft and hard. Soft time windows allow for some flexibility in arrival times, often incurring penalties for early or late arrivals. In contrast, hard time windows strictly enforce arrival within designated periods, with violations typically rendering a solution infeasible. Studies using hard time windows are more common than those using soft windows (Figliozzi, 2010).

We can also differentiate between tight and loose time windows and between narrow and wide time windows. A tight time window significantly affects the solution by acting as an active constraint. Conversely, a time window is deemed narrow if it is small compared to the planning horizon, for example, 10 min within 12 h. However, a narrow time window does not automatically imply tightness. When time windows are predominantly broad, the VRPTW resembles a Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) (Desaulniers et al., 2014, pp. 119–120).

Researchers have developed a range of exact and heuristic solution methodologies to address the VRPTW. Exact algorithms (Pecin et al., 2017), including branch-and-cut (Bard et al., 2002) and dynamic programming techniques, have been designed to guarantee optimality. Although these methods are powerful for solving smaller instances or instances in which the solution's optimality is critical, their computational expense often becomes prohibitive as the problem size increases.

On the other hand, heuristic approaches, such as genetic algorithms (Nazif & Lee, 2010), simulated annealing (Wang et al., 2013), and tabu search (Cordeau et al., 2001), do not offer the same optimality guarantees but are notably fast and effective for larger problem instances. These methods have been engineered to produce high-quality solutions within acceptable computational times, making them more suitable for practical applications in which near-optimal solutions are sufficient and computational resources or time are limited (Laporte et al., 2014). Each of these heuristic techniques leverages different mechanisms to explore the solution space and avoid local optima, thereby increasing the likelihood of identifying feasible and reasonable solutions, (see Prodhon & Prins, 2016; Labadie et al., 2016).

The following are critical works on vehicle routing problem with time windows that are highly beneficial for researchers. We provide summaries of each work to elucidate their contributions to the field.

We would like to begin with a book chapter. For a rigorous introductory exploration of the VRPTW, Desaulniers et al. (2014) is indispensable. This comprehensive study delves into various mathematical formulations of VRPTW and critiques both exact and heuristic solution methodologies. This study examines exact techniques, such as branch-and-cut-and-price, branch-and-cut, and set partitioning, alongside heuristic and metaheuristic approaches, including local search techniques and evolutionary algorithms.

Bräysy and Gendreau, (2005a) examine conventional heuristic methods and modern local search algorithms, analysing their effectiveness using Solomon's (Solomon, 1987) benchmark problems. Their paper highlights the importance of evaluating heuristics through Pareto optimality to effectively compare different methodologies. The paper details each method's basic features and their experimental outcomes.

In the second part of their study, Bräysy and Gendreau (2005b) comprehensively reviewed metaheuristics applied to VRPTW, focusing on strategies to design cost-efficient routes from depots to various locations. The paper details these methods' structures and benchmarks their performance on Solomon's test problems (see Solomon, 1987), demonstrating how they effectively navigate and optimise complex routing challenges.

X. Liu et al. (2023) examined the evolution of solving methods for the VRPTW, emphasising its relevance in real-life logistics challenges. Following the PRISMA guidelines (see Page et al., 2021) for methodical research and analysis, their paper reviewed literature from 2018-2022, revealing a dominance of approximate methods (86%), with a significant inclination towards metaheuristics over simple heuristics. Notably, the authors reported that approximately 40% of the studies integrate hybrid approaches, blending multiple algorithms to tackle the multi-constrained, multi-objective nature of VRPTW.

Research Problem

Background

The increasing service expectations of customers present a formidable challenge in the logistics sector, particularly for parcel delivery companies. For a comprehensive meta-analysis on logistics customer service research, (see Leuschner et al., 2013). Customers increasingly demand high-quality services and expect these services to be delivered within specific time frames that align with their availability and immediate needs (Salari et al., 2022). In response, logistics firms have begun to offer time-window services designed to meet these precise temporal requirements. Although this approach ostensibly enhances customer satisfaction and allows companies to charge premiums for tailored delivery options, it also introduces significant operational complexities and costs (Köhler et al., 2023).

One critical issue in adhering to time window constraints is the potential disruption to route optimisation, which directly affects efficiency (Schaumann et al., 2023). Traditional routing algorithms aim to minimise the total route length while reducing travel time and fuel consumption. However, when specific time windows are imposed, these algorithms must be adjusted or completely redesigned to accommodate the constraints, often at the expense of route efficiency. This adjustment can lead to suboptimal routes that are longer and more convoluted than those generated under a more flexible system.

While time window services can provide a competitive edge and cater to individual customer preferences, they require careful consideration of their associated costs and logistical challenges. Balancing these factors is essential for logistics companies that aim to maintain efficiency while satisfying evolving service expectations (Deflorio et al., 2012).

Problem Statement

This investigation discerns the immediate benefits and potential costs and efficiency trade-offs engendered by time window constraints. These constraints typically arise from the need to align pick-up and delivery schedules with customer availability, thereby purportedly enhancing service quality and customer satisfaction. However, the consequences of these constraints on operational efficiency and resource utilisation still need to be adequately understood.

To systematically assess the impacts, we consider a series of critical metrics reflective of route optimisation and demand fulfilment, segmented into three primary categories: route lengths, route demands, and route customers. Members of these metrics will be explained in the methods section, detailing how each metric is calculated and utilised in the analysis.

Purpose of the Study

The study methodically investigated the effects of time window constraints on logistical operations, specifically, in the context of vehicle routing problems. This research aims to present a comprehensive analysis of how these constraints influence key performance metrics, such as route length, demand fulfilment, and service efficiency. By using empirical data and graphical representations, this study seeks to elucidate the operational trade-offs and costs associated with the enforcement of time window constraints, thereby contributing valuable insights to the optimisation strategies employed by logistics firms.

Significance

This study quantifies the additional operational complexities introduced by time window constraints in vehicle routing problems. Through numerical analysis, this paper systematically compares various performance metrics of routing processes with and without the imposition of time window constraints. The comparative analysis aims to elucidate the impact of these constraints on logistical efficiency, cost, and service quality, providing insights that can guide the optimisation of transportation and delivery systems.

Methods

Benchmark Set

We employed a widely recognised benchmark dataset in this study, i.e., Homberger and Gehring, (1999) dataset. Our analysis was limited to a subset of the entire dataset following the selection employed by Vidal et al. (2013), where only instances involving 200 customers were analysed. However, distinct from their approach, our study encompassed all instances within this subset.

The Homberger and Gehring (1999) and Gehring (1999) dataset has been extensively utilised across various studies in diverse settings, highlighting its relevance and robustness for academic investigation. Representative VRP studies that have deployed this dataset include, but are not limited to, Alfredo Tang Montané and Galvão (2006) and Pisinger and Ropke (2007), R. Liu et al. (2013) and Vidal et al. (2014). More recent research examples include Y. Zhang et al., (2020); Beling et al. (2022); Kool et al. (2022), Y. Liu et al. (2023).

We derive our benchmark set from a subset of Homberger and Gehring (1999). We selected instances with 200 customers representing an expanded edition of the initial framework outlined by Solomon (1987). Solomon's original research investigated vehicle routing problem instances with 100 customers and various vehicle capacities of 200, 700, and 1000. Homberger and Gehring extended Solomon's dataset (Meira et al., 2020) and maintained vehicle capacities while increasing the number of customers across different datasets, namely 200, 400, 600, 800, and 1000.

We selected the 200-customer dataset because the optimum total route lengths are known. In addition, the solver that we use in this study is capable of solving these instances well. It can provide solutions that either achieve the optimum or approximate it very closely. The efficacy of the solver is noteworthy because it can solve 80% of the instances optimally. The following table illustrates instances in which our solver could not resolve optimally, including the percentage gap between the solver's solution and the known optimal solution.

Table 1. Solver Performance Gaps (%) of best known solutions.

Instance	Gap (%)	Instance	Gap (%)	Instance	Gap (%)
R1_2.18	0.12	R1_7.18	0.07	R1_4.18	0.14
R1_6.18	0.02	R1_9.18	0.15	R1_10.18	0.27
R2_7.4	0.56	RC1_2.18	0.02	RC1_5.18	0.18
RC1_7.18	0.03	RC1_9.18	0.69	RC1_10.18	0.11

To elucidate the characteristics and specifics of the dataset, we included comprehensive details in graphical representations and tabular format in the subsequent sections.

Following the methodology established by Solomon (1987), Homberger and Gehring (1999) organised their dataset into six distinct subsets: C1, C2, R1, R2, RC1, and RC2. The notation used denotes 'C' for clustered configurations, 'R' for random configurations, and 'RC' for random clustered or semi-clustered configurations.

Variability exists in the number of vehicles; for instance, the subset C1 exhibits variability with 18, 19, or 20 vehicles, R1 exhibits variability with 18 or 20 vehicles, and RC2 ranges from 4 to 6 vehicles. Conversely, subsets C2, R2, and RC1 maintain a consistent number of vehicles, with C2 employing 6, R2 4, and RC1 18 vehicles. The following table provides information about the number of vehicles and vehicle capacities of the instance sets.

Table 2. Summary of vehicle numbers and capacities by instance

Instance Set	Vehicle Number	Vehicle Capacity
C1	18 (5), 19 (1), 20 (1)	200
C2	6	700
R1	18 (9), 20 (1)	200
R2	4	1000
RC1	18	200
RC2	4 (8), 5 (1), 6 (1)	1000

Customer locations were placed within a 140×140 coordinate system, with the depot consistently at the centre (70, 70). There are differences in customer locations between subsets C1 and C2, whereas R1 and R2, and RC1 and RC2, share identical customer locations. The following graphics show the customer locations of the datasets.

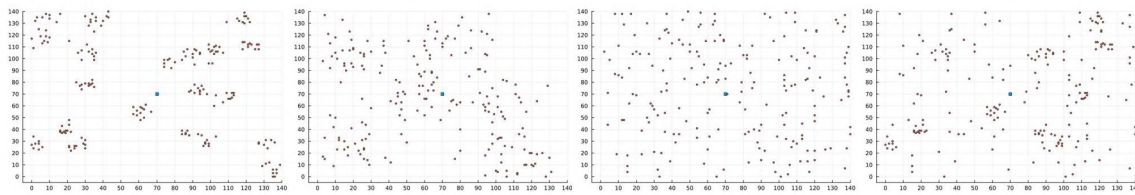


Figure 1. Customer Locations of the Datasets (Left to Right) C1, C2, R1-R2, RC1-RC2

C1 and C2 have different customer demand distributions, while R1 and R2, RC1 and RC2 have the same. Here, we provide histograms representing the demand data.

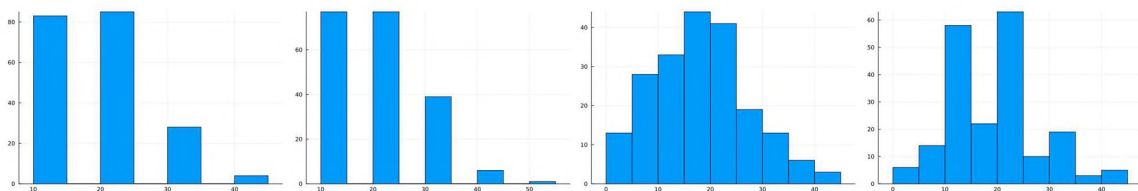


Figure 2. Customer Demands of Datasets (Left to Right) C1, C2, R1-R2, RC1-RC2

Figures showing the distribution of time windows for C1, C2, R1, R2, RC1, and RC2.

Datasets are provided in the appendix.

Solver

We utilised LKH-3 (Helsgaun, 2017), an enhanced Lin-Kernighan-Helsgaun (Helsgaun, 2000) TSP solver designed for various constrained routing problems, such as the travelling salesman and vehicle routing problems with specific limitations like capacity and time windows. The extension effectively converts these complex issues into standard symmetric TSP problems using penalty functions to manage constraints.

Helsgaun (2017) reported that extensive testing demonstrated LKH-3’s efficacy, frequently matching or surpassing the best-known solutions. The solver uses a hybrid iterated local search that blends an iterative local search heuristic and a set partitioning formulation, mixing a metaheuristic with mixed integer programming to solve various VRP variants (Muniasamy et al., 2023). LKH-3 and its resources are freely available for academic use.

LKH-3 is a well-recognised solver extensively used across diverse research contexts. We provide direct quotations from several recent scholarly articles in which LKH-3 was used to substantiate the solver’s versatility and efficacy. These excerpts were carefully chosen to reflect the breadth of application and diverse analytical assessments that researchers make in their respective studies. This approach underscores the prevailing acceptance and reliability of the solver within the academic community and enriches our methodology by situating it within a broader scholarly dialog.

- “powerful heuristic solver” (Li et al., 2021, p. 1)
- “well-known heuristic solver” (Hottung et al., 2022, p. 1)
- “widely used by the ML community for solving VRPs” (Accorsi, 2022, p. 103)
- “known as one of the best mTSP heuristics” (Kim et al., 2022, p. 7)
- “one of the best heuristic solvers for the TSP” (Löwens et al., 2022, p. 2)
- “able to tackle many VRP variants. Although less efficient with respect to other state-of-the-art CVRP heuristics” (Cavaliere et al., 2022, p. 751)
- “strong heuristic solver” (Sun & Yang, 2023, p. 24)
- “powerful extension of LKH that can solve many TSP variants” (Zheng et al., 2023, p. 1)
- “one of the leading heuristics algorithms” (Pan et al., 2023, p. 9345)
- “a highly optimised solver for routing problems” (Ye et al., 2023, p. 43707)
- “allows an efficient exploration of the search space” (Osorio-Mora et al., 2023, p. 3)
- “state-of-the-art heuristic solver which efficiently produces solutions with a very small optimality gap and has good scalability” (Yang & Fan, 2024, p. 4)

Study Steps

We outline our study methodology in a detailed, step-by-step format, presented as a numbered sequence. We describe each study stage to ensure clarity and reproducibility and facilitate fellow researchers conducting similar or replication studies. Additionally, we highlight that the data generated during our investigation are available for sharing with researchers upon request. We hope that this transparency will help foster a collaborative environment within the academic community.

1. We derive our benchmark dataset from Homberger and Gehring (1999). The Capacitated Vehicle Routing Problem Library (CVRPLIB) (see Uchoa et al., 2017) hosts this benchmark on its website. To maintain consistency in the data complexity, the selection of benchmark instances was limited to those involving 200 customers.
2. To solve these instances, we utilised the LKH-3 (Helsgaun, 2017). The LKH-3 solver is renowned for its efficacy in handling various Vehicle Routing Problem (VRP) variants, such as VRP with Time Windows (VRPTW). Notably, LKH-3 combines ease of use with robust performance, rapidly achieving high-quality results although optimal outcomes are only occasionally achieved and are not guaranteed.
3. We downloaded the source code for LKH-3 and implemented it according to the guidelines provided on the official website. The solver includes comprehensive documentation; we followed the author’s recommendations for parameter settings. Since it is open source, it is always possible to investigate the source code and follow annotations if certain aspects are unclear. For example, we successfully refactored certain functions without any issues.
4. The computational experiments were executed on a GNU/Linux operating system with an Intel G5500 CPU complemented by 8 GB of RAM. The choice of this modest hardware setup and operating system was deliberate and aimed at assessing the performance and replicability of the study on systems that are not high-end, thereby reflecting a more typical user environment.
5. Our programming tool was Julia (Bezanson et al., 2017), a programming language renowned for its high performance, exceptional modularity, and superior composability, which it achieves through the implementation of multiple dispatch and just-in-time compilation techniques (Christ et al., 2023, p. 2). This study was conducted entirely within the Julia environment, utilising its multi-threading capabilities to deploy LKH-3 across all available CPU cores, resulting in enhanced computational efficiency. We also used DataFrames.jl (Bouchet-Valat & Kamiński, 2023), Plots.jl (Christ et al., 2023), StatsBase.jl, and Statistics.jl.
6. Moreover, we performed our statistical analyses and comparisons using Jamovi (The Jamovi Project, 2024), a versatile statistical spreadsheet (see Şahin & Aybek, 2020) built on top of the R statistical language (see R Core Team, 2024). Consistent with our commitment to transparency and accessibility in research, we prioritised using non-proprietary, open-source software whenever feasible.
7. For data storage and accessibility, we employed durable ordinary text-based files that can be easily opened and modified with any standard text editor, thus avoiding the need for specialised software. This approach ensures compatibility across different platforms and enhances the longevity and reproducibility of our research outputs.
8. We used plain text-based instance files in CVRPLIB rather than XML files in VRP-REP (see Mendoza et al., 2014), as they are generally easier to read and manipulate. We investigated the VRPTW instance files and determined how to convert them into VRP instance files. We made the necessary changes to text files using only Julia’s string manipulation functions.
9. After conversion, we solved the original instances and then all modified versions. We compared the results obtained from these different instances to identify any significant discrepancies. To facilitate the comprehension of our findings, we constructed tables and graphs, which served as effective visual aids.
10. Several graphs did not yield significant insights and were therefore excluded from the analysis.

Results

When time window constraints are removed from VRPTW, the problem undergoes a transformation to CVRP. This shift induces notable changes in the structure of the solution routes and other related aspects. A diverse array of metrics was employed in our analysis to elucidate these transformations. In this section, we provide a concise description of the metrics used, followed by a detailed presentation of the findings.

Homberger and Gehring’s dataset comprises six subsets: C1, C2, R1, R2, RC1, and RC2. To facilitate the comparison, we organised our graphs as follows: C1 at the top left and C2 at the bottom left; R1 at the top centre and R2 at the bottom centre; RC1 at the top right and RC2 at the bottom right. In these graphs, the blue and red bars denote the values associated with the modified versions of the problem set (VRP) and the original versions (VRPTW). Detailed data tables for these instances are presented in the Appendix.

We note that in the datasets, C denotes clustered R denotes randomized, and RC denotes random clustered or semi-clustered.

Performance Metrics

Total Route Length

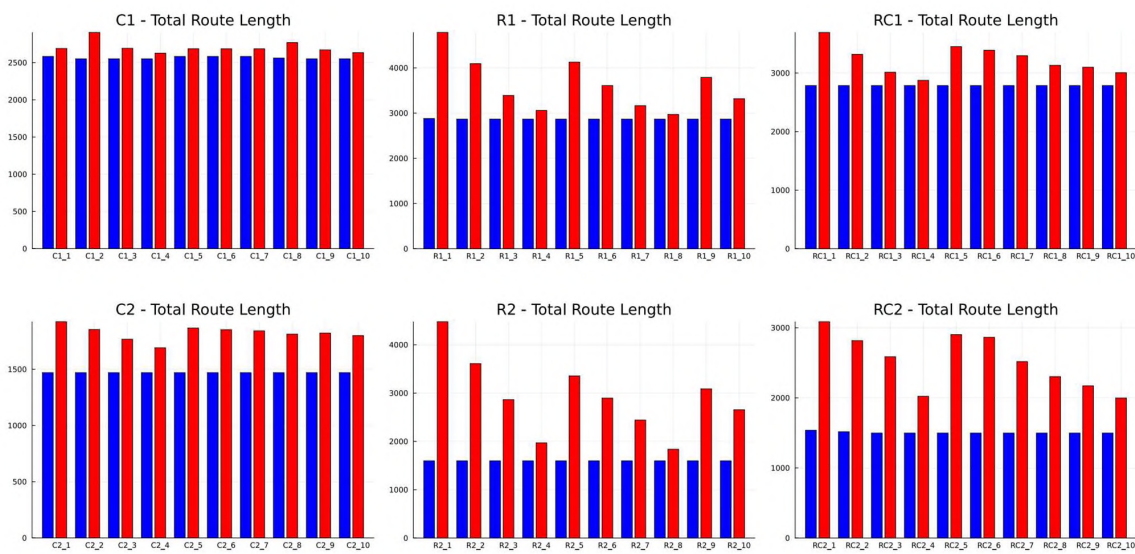


Figure 3. Comparison of total route lengths

Total route length refers to the cumulative distance or travel time traversed by a fleet of vehicles while delivering goods to customers, starting and ending at a depot. Minimising total route length is a critical objective in VRP because it directly affects the operational efficiency, fuel consumption, and overall logistical costs.

In accordance with established methodologies aimed at ensuring compatibility of comparative analyses, the calculated route lengths were rounded. In contrast, no rounding adjustments were applied to any other metrics while generating figures. For convenience, we rounded values to two decimal places in the data tables.

In addition, we observed no significant changes in the total route for the C1 instance set. Although the VRPTW versions consistently exhibited slightly higher values than the VRP versions, the differences were negligible. The C2 and RC1 instances showed similar values, suggesting a resemblance between these subsets. In both cases, the presence of time window constraints tended to increase the total route length. The differences were more pronounced on the R1, R2, and RC2 datasets. Certain instances in these datasets almost doubled the total route length in one version compared to the other.

Generally, the imposed time window constraints increased the total route length, although the magnitude of this effect was not universally consistent. Factors such as customer demand, location, and the specific structure of the time window constraints may influence these variations.

Minimum Route Length

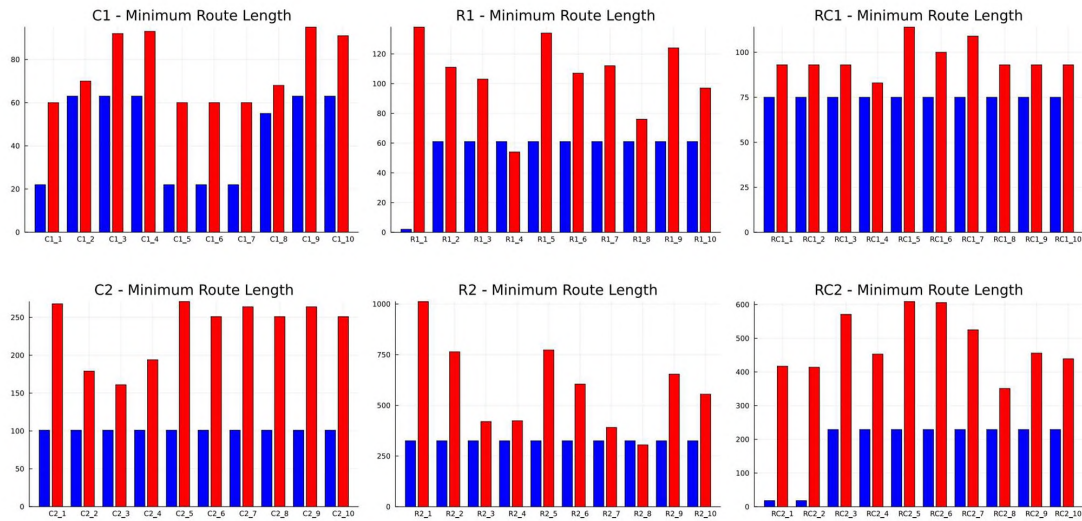


Figure 4. Comparison of minimum route lengths

The minimum route length identifies the shortest distance a vehicle in a fleet travels to complete its assigned deliveries and return to the depot. It helps determine the vehicle that completes its route within the least distance, often also resulting in it being the earliest to return to the depot.

Our observations indicate that the minimum route length is one of the most variable metrics under investigation. The VRP versions demonstrate greater stability and consistency across all datasets. Conversely, VRPTW ones exhibited significant variability. In nearly all instances, the VRPTW versions registered higher minimum route lengths, with exceptions noted in datasets R1_4, R2_8, RC_1, and RC_2. We can confidently assert that including the time window constraints significantly affected the minimum route length. In other words, removing the time window constraints resulted in more stable, consistent, and almost identical or similar minimum route length values. Route Length identifies the shortest distance a vehicle in a fleet travels to complete its assigned deliveries and return to the depot. It helps determine the vehicle that completes its route within the least distance, often also resulting in it being the earliest to return to the depot.

R1_1, RC2_1, and RC2_2 demonstrated notably small values due to the formation of routes that served only a single customer in these instances. In our observations, the highest degree of volatility in the VRP versions was noted for the C1 instance, whereas the other instances exhibited significantly lower levels of volatility. Conversely, the VRPTW versions demonstrated the minimum volatility for the RC1 instance, and the remaining instances demonstrated much higher volatility.

Maximum Route Length

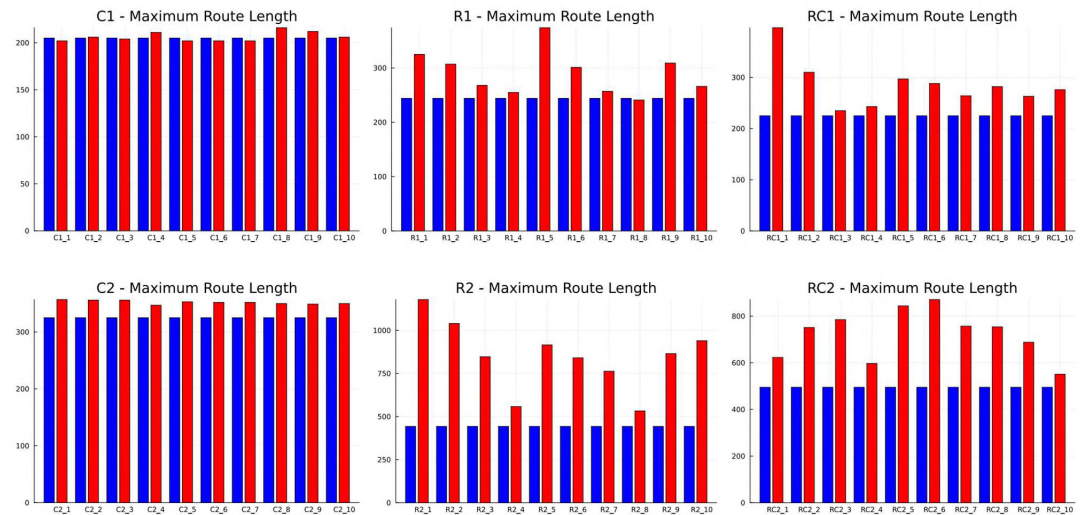


Figure 5. Comparison of maximum route lengths

Maximum Route Length measures the longest distance a vehicle in a fleet travels to complete its deliveries and return to the depot. This metric is essential for identifying the most extended and potentially resource-intensive routes, which may impact fuel consumption, driver fatigue, and vehicle maintenance. By analysing the maximum route length, logistics planners can ensure that every vehicle is equally burdened, thus promoting balanced workloads and improving overall fleet efficiency.

In addition, the maximum route length signifies that the vehicle assigned the longest route will be the last to return to the depot after all other vehicles have already completed their routes. Consequently, the duration of the vehicle’s route determines the overall duration of the entire operation. Thus, this metric provides an opportunity to compare the total operation duration.

For each dataset, we observed that the versions associated with the VRPTW generally exhibited higher maximum route length values. The most substantial differences are observed in datasets RC2, R2, R1, and RC1, listed in descending order of observed variations. It is essential to note that no differences exist between the VRP versions regarding the maximum route length. This consistency provides a valuable opportunity to compare values across different instances. Instances C1 and C2 exhibited the highest values. They were followed by instance R1, with RC1 and RC2 showing slightly lower values. Finally, instance R2 obtained the lowest values among the observed instances.

Moreover, in the R1, R2, RC1, and RC2 datasets, variations in the time constraints significantly affected the maximum route length. The datasets C1 and C2 did not significantly contribute to our insights because the values across these datasets were nearly identical. The results indicate that time window constraints do not significantly affect the metric in these two instances.

Mean Route Length

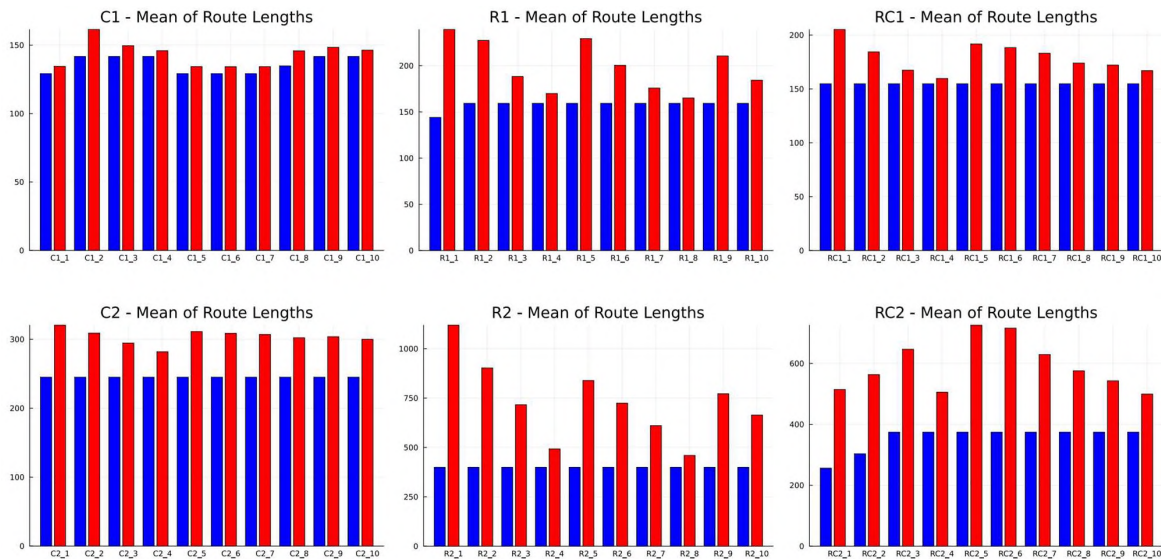


Figure 6. Comparison of mean route lengths

The mean route length calculates the average distance travelled by all vehicles in a fleet to complete their respective routes and return to the depot. This metric provides a comprehensive overview of the overall routing plan efficiency and balance. By analysing the mean of the route lengths, logistics managers can identify trends, detect inconsistencies, and make informed decisions optimise route planning.

A lower mean route length generally indicates more efficient routing, reduced operational costs, improved service levels, and better resource allocation across the fleet. A higher mean route length indicates that, on average, the vehicles in the fleet travel longer distances to complete their deliveries and return to the depot. This metric can indicate potential inefficiencies in the routing plan, such as suboptimal route assignments, imbalanced workloads, or delivery point clustering issues. Higher mean route lengths often mean increased operational costs, fuel consumption, driver fatigue, and increased vehicle wear and tear.

Our observations indicate that mean route lengths are generally higher in the VRPTW than in the VRP. We found the most significant variability in mean route lengths in R1, R2, and RC2. Removing the time window constraints in all datasets resulted in lower mean route lengths. Specifically, the clustered datasets (C1 and C2) exhibited minimal differences between the VRP and VRPTW values, whereas the randomised datasets (R1 and R2) exhibited the highest discrepancies. The semi-clustered datasets (RC1 and RC2) had values that fell between those of the purely clustered and purely randomised datasets.

In C1, we observed a strong correlation between the values derived from the VRP and VRPTW. The VRPTW versions demonstrated marginally higher values than the VRP versions.

Median Route Length

Our analysis did not reveal any significant differences in the median route lengths across the datasets except for RC2_1. The median route length metric did not yield any insights into the impact of removing the time window constraints. Consequently, we could not make meaningful comparisons within or between the instances. Given the lack of informative value, we opted not to include graphical representations.

Variance of Route Lengths

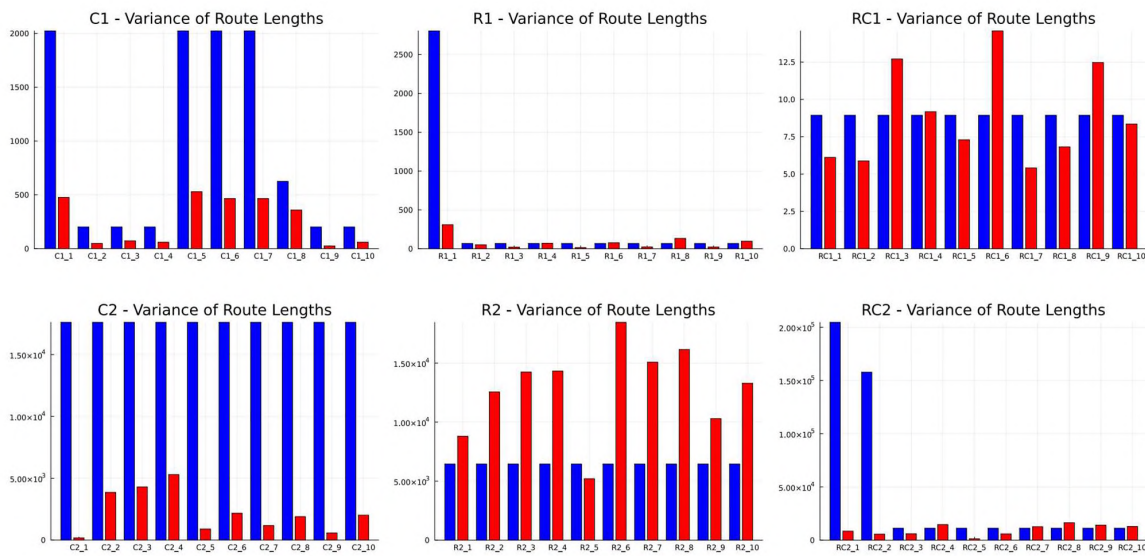


Figure 7. Comparison of route length variance

The variance of route lengths can provide insights into the consistency and balance of the routes assigned to vehicles. High variance suggests significant discrepancies in the lengths of routes, potentially leading to inefficiencies, such as unequal workload distribution among drivers and inefficient utilisation of resources. Conversely, low variance indicates more uniform route lengths, which contributes to balanced operations, predictable delivery times, and optimised fleet performance. Analysing route length variance helps identify areas for improvement in route planning and enhances the overall logistics efficiency.

In the C2, R2, and RC1 instances, removing the time window constraints significantly altered the route length variance, which was uniform across the datasets. R1 and RC2 datasets exhibited minimal variance with only one and two exceptions, respectively. In contrast, eliminating the time window constraints in C2 and RC2 led to notably high variances. Upon closer examination of the C2 datasets, we found consistently high variance values across all VRP versions. However, this pattern was less pronounced on the RC2 datasets (only two versions exhibiting similarly high variance). In the R2 dataset, except for the R2_5 instance, removing the time window constraints generally reduced the variance in the route lengths. The RC1 dataset presented a mixture of characteristics from both clustered and randomised datasets. The effect of removing the time window constraints in RC1 was inconsistent; in certain instances, it led to an increase in variance, while in other instances, a decrease was observed. Notably, on this dataset, the RC1_4 and RC1_10 instances exhibited minimal variance changes upon removing the time window constraints, albeit in opposite directions.

Standard Deviation of Route Lengths

The standard deviation of the route lengths is a metric used to assess the variability or dispersion of the lengths of different routes. It quantifies how much the route lengths deviate from the average route length, providing insight into the consistency and balance of the routes. A lower standard deviation indicates that the routes are relatively uniform in length, indicating that their efficiency and equitable distribution, whereas a higher standard deviation indicates more significant disparities, which could imply inefficiencies or issues in route planning. This metric helps evaluate and optimise the overall routing performance.

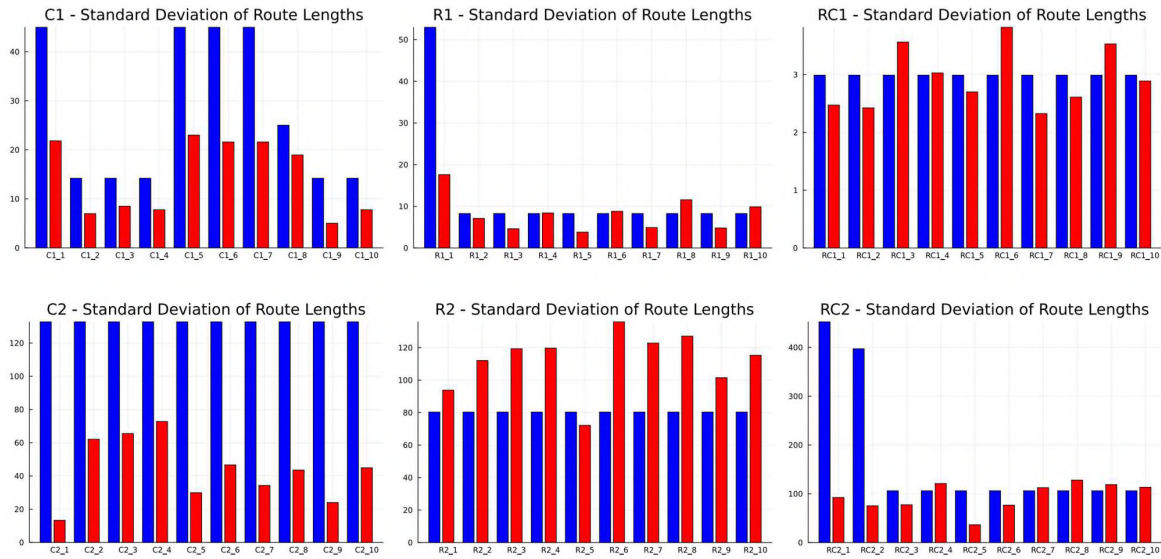


Figure 8. Comparison of the route length standard deviations

As anticipated, the standard deviation of the route lengths in the presented graphs closely mirrors the variance of the route lengths. For the VRP versions, all instances (except C1) exhibited consistent standard deviations of route lengths. In the VRPTW versions, particularly with clustered datasets, removing the time window constraints increased the standard deviation of the route lengths. Conversely, for the other datasets, we observed fluctuations in both directions; some instances exhibited increased standard deviations, while others demonstrated decreased values. The lowest standard deviation values were recorded for RC1.

Furthermore, the values were comparable between C1 and R1 and C2 and R2. However, in RC1, the standard deviation values were markedly low, whereas in RC2, they were significantly higher. For R1 and RC2, the observed values were generally similar, with exceptions noted in instances R1_1, RC2_1, and RC2_2.

Minimum Route Demand

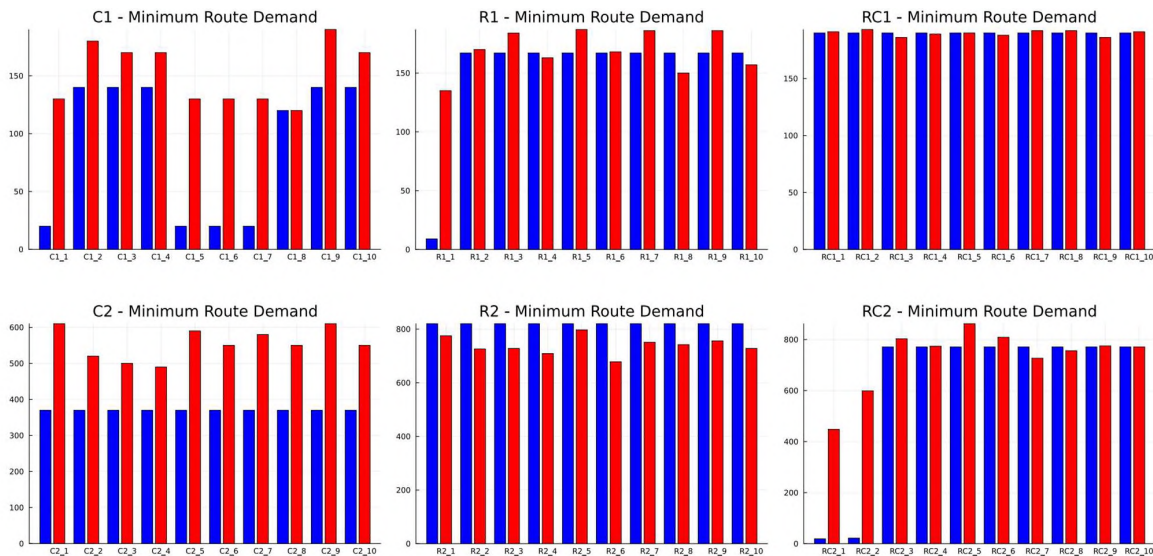


Figure 9. Comparison of minimum route demand

Minimum route demand (MRD) represents the minimum load or demand for a single route or vehicle. It captures the smallest amount of goods, passengers, or services that must be delivered or attended to on any given route. MRD is essential for optimising resource allocation, ensuring that no route is underutilised, and balancing logistics efficiency with operational cost-effectiveness. MRD helps craft efficient, sustainable, and cost-effective routing plans by minimising unproductive distances and reducing fuel consumption and labour expenses.

Randomised and semi-clustered datasets did not provide insights into minimum route demand. Instances R1, R2, RC1, and RC2 exhibit no significant disparities, with the notable exceptions of R1_1, RC2_1, and RC2_2 demonstrating substantial decreases in minimum route demand.

In the clustered datasets, for example in C2, the minimum route demands remained consistent after removing the time window constraints and displayed values lower than those in the VRPTW versions. We observed noteworthy decreases in C1_1, C1_5, C1_6, and C1_7, with C1_8 showing no change and the rest of the dataset experiencing moderate variations. The lowest variance in minimum route demands was observed in the RC1 category, whereas the highest variance was observed in C1.

Maximum Route Demand

We did not observe any significant differences in any instances between the VRP and VRPTW versions or between them. The maximum route demand metric yielded no meaningful insights. Therefore, we did not include a graphical representation of this metric.

Median Route Demand

We did not observe any significant differences between the VRP and VRPTW versions. The median route demand metric did not provide meaningful insights. Therefore, we did not include a graphical representation of this metric.

Variance of Route Demands

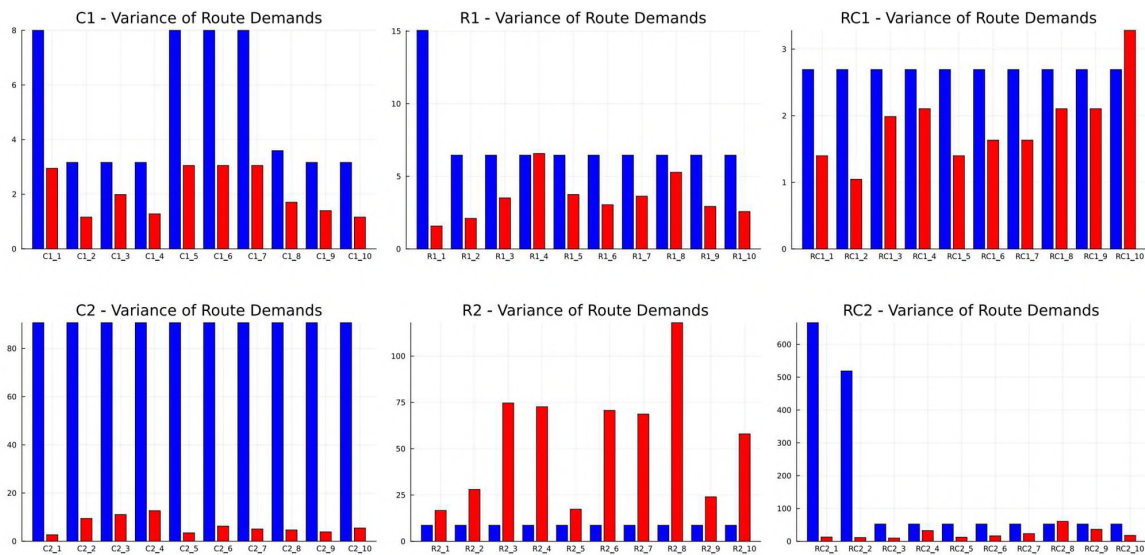


Figure 10. Comparison of the Route Demand Variance

The variance of route demands is a metric for evaluating the efficiency and balance of solutions. It measures the degree to which demands are spread across different routes, indicating how evenly workloads are distributed among vehicles. A lower variance suggests a more balanced allocation, where each vehicle has a similar load; this leads to improved operational efficiency and customer satisfaction. Conversely, a high variance may indicate an imbalance, potentially resulting in increased travel times, higher fuel consumption, and uneven service levels.

After removing the time window constraints, we observed significant variations in the route demands, although in different directions between datasets C2 and R2. In particular, on the C2 dataset, variances were uniformly higher than the original values. Conversely, on the R2 dataset, variances decreased and equalised. Notably, all instances exhibit substantial increases and decreases. For in most instances, the variance in the VRP versions equalised. We detected no deviations in the C2, R2, and RC1 datasets. However, an outlier was found for dataset R1, specifically R1_1. We note four exceptions to dataset C1, specifically in instances C1_1, C1_5, C1_6, and C1_7. The variance values of C1 and RC1 were notably low.

In contrast, the RC2 dataset exhibited the highest variance values. Interestingly, on the RC1 dataset, only the RC1_10 instance demonstrated a decrease in variance after removing the time window constraints. A similar trend was observed for datasets RC2 and R1, with only the instances RC2_8 and R1_4, respectively, showing decreased variance. Dataset C2 uniformly exhibited increased variance, whereas dataset R2 uniformly exhibited decreased variance upon removing the time window constraints. The remaining datasets exhibited a mix of increased and decreased variances.

Standard Deviation of Route Demands

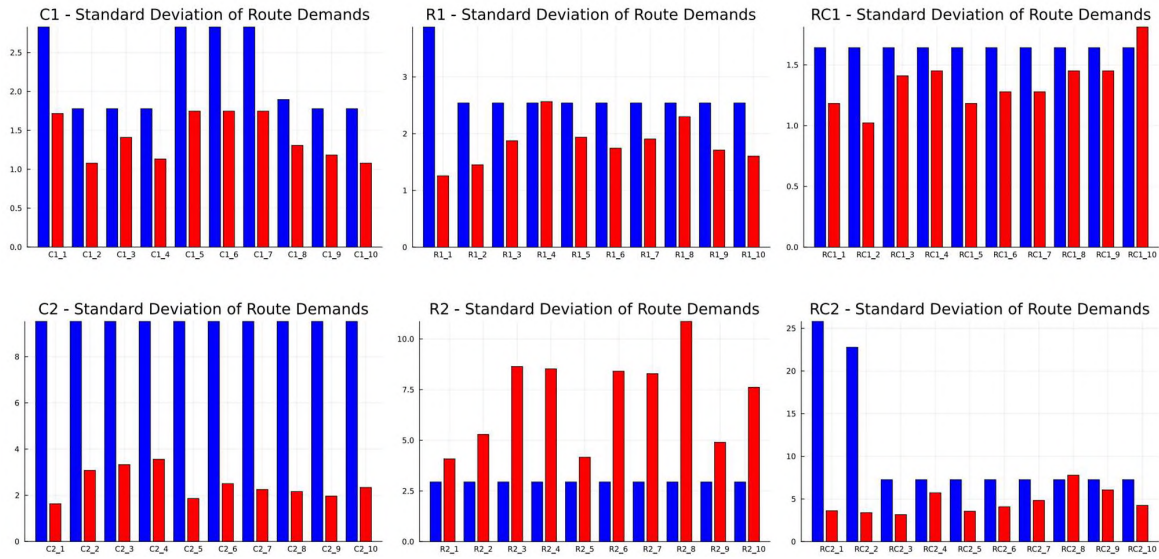


Figure 11. Comparison of the Route Demand Standard Deviations

The standard deviation of the route demands is a critical metric for assessing the variability in demand across different routes. It quantifies the extent to which individual route demands deviate from the average demand, providing insights into the consistency and efficiency of route planning. Higher standard deviations indicate more significant fluctuations, suggesting potential inefficiencies and imbalances among the routes. Conversely, a lower standard deviation indicates a more uniform demand distribution, contributing to optimised vehicle use and a balanced workload among drivers.

The observed standard deviations of the route demands in various instances exhibit an increasing trend in the following sequence: RC1, C1, R1, C2, R2, and RC2. Notably, the R2 dataset demonstrated the highest variability in the standard deviations of the route demands, indicating significant fluctuations. Conversely, the R1 and RC1 datasets displayed low variability, suggesting more consistent demand patterns. Furthermore, we observed variations in the standard deviations for both small and large magnitudes across different instances. Notably, the standard deviation values are comparable among the datasets categorised as C1, R1, and RC1, as well as among C2, R2, and RC2. This pattern may imply underlying differences in demand characteristics within these categorizations, warranting further examination to understand the factors contributing to such variability.

Minimum Number of Customers per Route

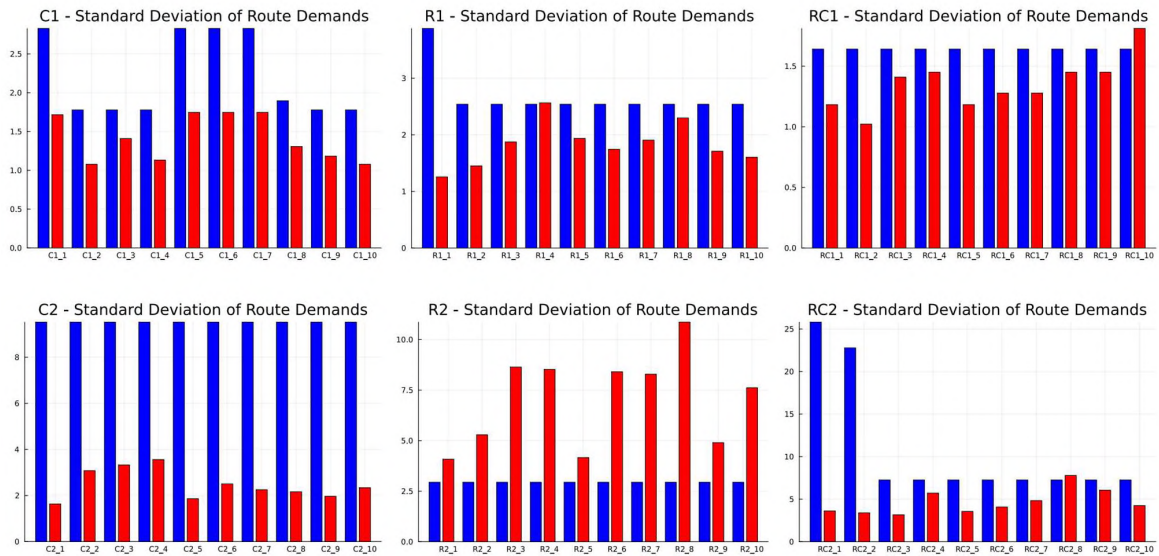


Figure 12. Comparison of minimum number of customers per route.

The minimum number of customers per route represents the smallest number of customers served on any given route in the solution. This metric helps evaluate route efficiency and distribution balance by ensuring that every route is utilised. It is particularly useful for identifying potential route planning and resource allocation improvements to balance workloads and enhance service delivery. By understanding this metric, decision makers can make informed adjustments to achieve more optimised and equitable vehicle routing solutions.

Our analysis revealed no significant differences in R1, R2, RC1, and RC2. However, exceptions were noted in instances R1_1, RC2_1, and RC2_2, which parallel the trends in minimal route demand. In R2, we observed increased values after removing the time window constraints, which deviated from the trend observed across the other datasets. Conversely, C1, R1, and RC2 consistently recorded the lowest values.

Maximum Number of Customers per Route

We observed no significant variations in the maximum number of customers per route. Although minor differences were observed, they were deemed negligible and did not warrant further discussion. Therefore, we do not include graphical representations for this metric.

Median Number of Customers per Route

The results revealed that the median number of customers per route remained consistent across all datasets after removing the time window constraints. Consequently, we determined that graphical representations would not add value to the interpretation of the data, which led to their omission.

Variance of the Number of Route Customers

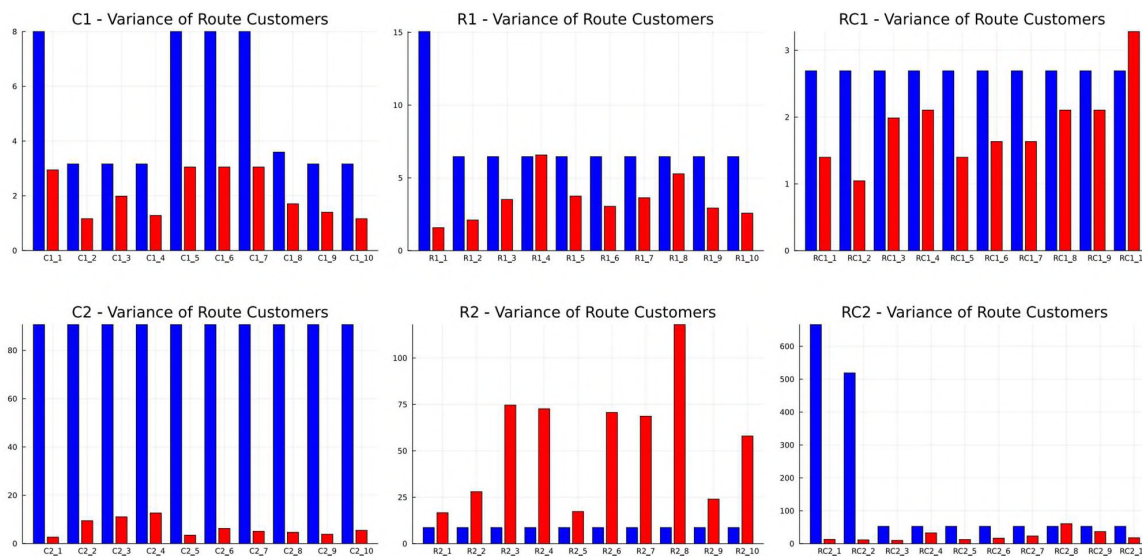


Figure 13. Comparison of variances of the number of customers per route.

The variance of the number of route customers is a metric used to assess the distribution uniformity of customer assignments among different routes in a vehicle routing problem. It quantifies how evenly customers are allocated to various routes by measuring the spread or dispersion of the average number of customers per route. A high variance indicates significant imbalances, which suggests that some routes may be heavily loaded while others are underutilised. Conversely, a low variance indicates a more balanced distribution, which is often desirable for efficiency and workload equity in logistics and transportation planning.

The comparison of the minimum number of customers per route in R1, R2, and RC1 revealed no significant differences between the VRP and the VRPTW versions. Notably, three specific instances, R1_1, RC2_1, and RC2_2, exhibited substantial reductions in this metric. This phenomenon can be attributed to the inclusion of a single-customer route in both VRP versions.

The observed variance among VRPTW versions was notably higher than that of the VRP versions. We observed that the R2 category exhibited the highest variance for VRPTW, whereas the RC2 category demonstrated the highest variance for VRP. Conversely, the lowest variance for VRPTW was observed in both the C1 and RC1 categories, whereas for VRP, it was most minimal in the RC1 category.

All datasets consistently exhibited stable metrics for the VRP and VRPTW versions, with the exception of R2. After removing the time window constraints, all instances in this dataset displayed decreased and equalised metrics. Dramatic reductions were observed in datasets C1 and R1, particularly in instances C_1, C1_5, C1_6, C1_7, and R1_1. Conversely, we observed increased results for the R2 and RC2 datasets.

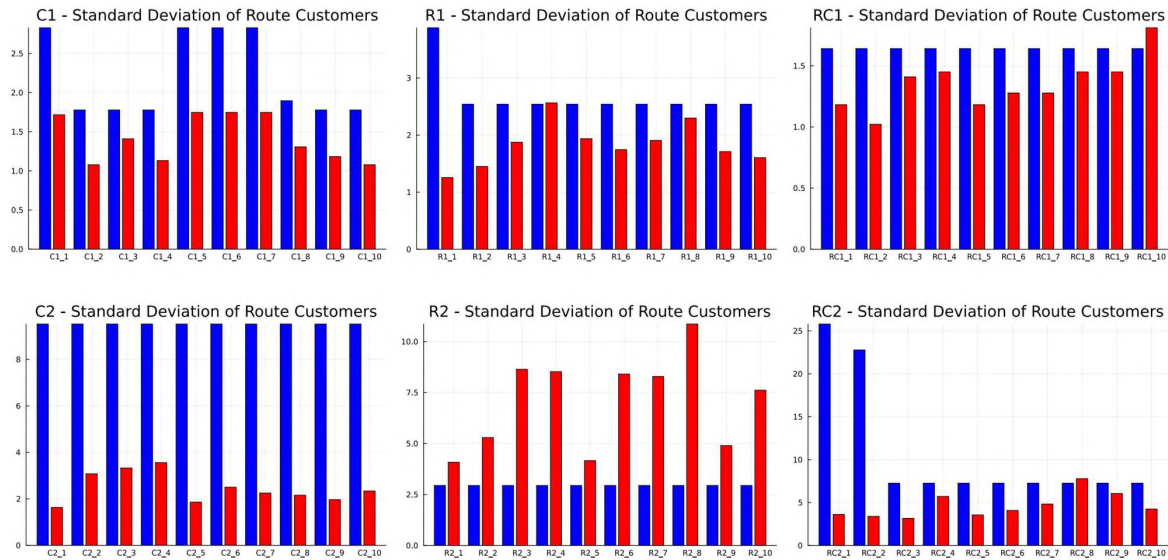


Figure 14. Comparison of standard deviation of number of customers per route.

The standard deviation of the number of route customers measures the average deviation from the mean number of customers per route, providing insight into the variability and balance of the distribution. A high standard deviation indicates considerable differences between routes, with some having significantly more or fewer customers than others, potentially leading to inefficiencies and uneven workloads. In contrast, a low standard deviation suggests that customer assignments are distributed more evenly, which contributes to a more balanced and efficient routing solution.

After removing the time window constraints, the C1 dataset showed a consistent increase in standard deviation values. The C2 dataset exhibited a significant increase in all measured values. For the R1 dataset, an increase was observed in all instances except for R1_4. In the R2 dataset, a decrease in the standard deviation values was noted consistently. These values became more equalised, with the smallest difference observed in R2_5 and the largest difference observed in R2_8. The RC1 dataset primarily showed increases in standard deviation values, with the exception of RC1_10. All VRP versions in the RC1 dataset tended to equalise in terms of standard deviation. In the RC2 dataset, primarily moderate changes were observed, with notable exceptions to RC2_1 and RC2_2. RC2_8 was the sole instance exhibiting a decreased value in this dataset.

Route Formations

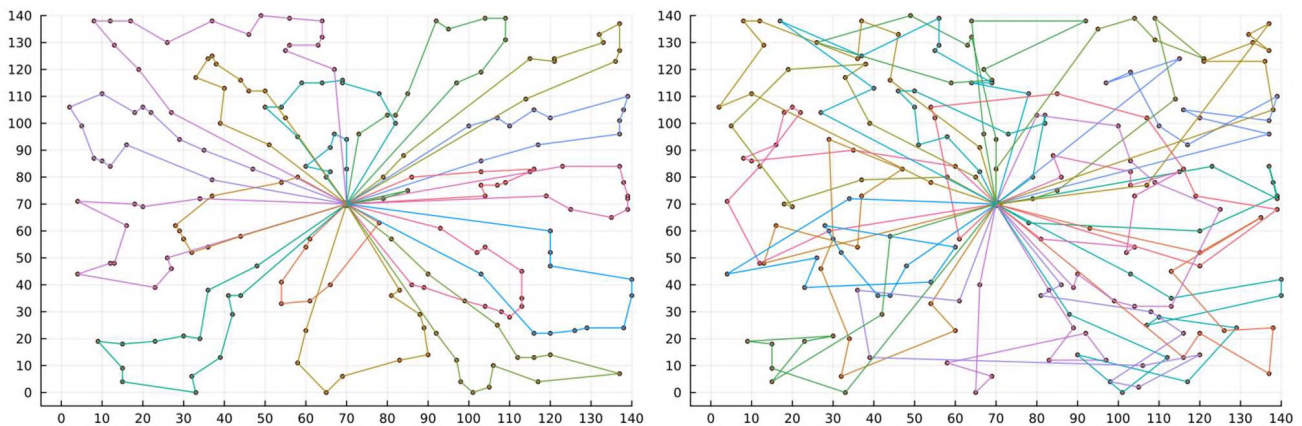


Figure 15. Route formations for R1_1 instance. Without Time-Window Constraints (Left) and with Time-Window Constraints (Right) Versions

We observed the most significant total and mean route length differences in instance R2_1. The most significant disparity in minimum route length was observed in instance R1_1. Furthermore, we observed the most substantial differences in the variance

and standard deviation of the number of route customers in instance RC2_1. Here, we provide route graphs for these instances to illustrate them. These representations include the VRP and VRPTW versions to demonstrate how including or excluding time window constraints can affect route structure. The selected figures highlight significant variations between the VRP and VRPTW versions of the instances. By comparing and contrasting these versions, valuable insights into their structural and operational differences can be gained.

In figure 15, left graph illustrates relatively sparse routing patterns with minimal overlap, which is characteristic of a typical VRP structure. On the other hand, the right graph presents a denser network with significant intersections and overlaps, which is typical for VRPTW scenarios where the synchronisation of service times is critical.

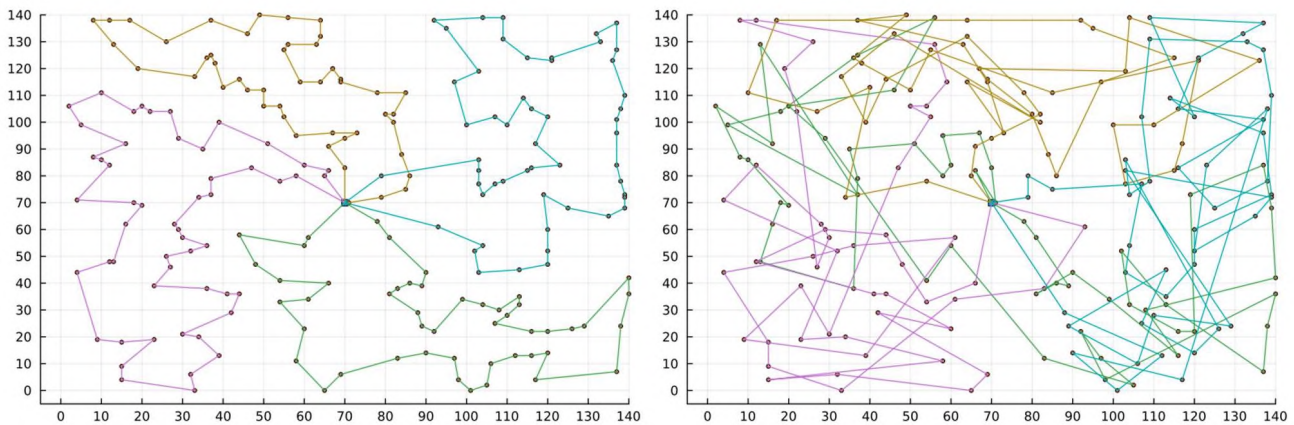


Figure 16. Route formations for R2_1 instance. Without Time-Windows Constraints (Left) and with Time-Windows Constraints (Right) Versions

In figure 16 on the left side, the routes are distinct and separated, indicating fewer constraints on the routing process. Conversely, the right side demonstrates tightly packed and interwoven routes, highlighting the complexities introduced by the time window constraints.

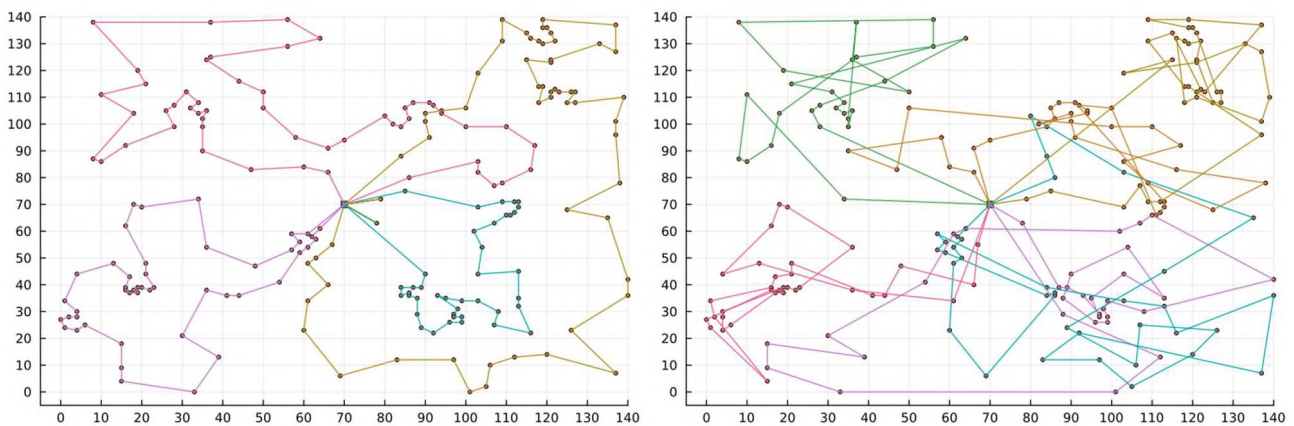


Figure 17. Route formations of RC2_1 instance. Without Time-Windows Constraints (Left) and with Time-Windows Constraints (Right) Versions

In figure 17 on the left, we see routes that appear more spaced out and cover a broader area, while the right side depicts a more compact and tangled routing network, which is indicative of the VRPTW versions’ operational characteristics.

Structural Comparisons

Route Density

The VRP figures (figures on the left) depict relatively less dense routes than their VRPTW counterparts (figures on the right). The routes displayed in the VRPTW versions are markedly denser, indicating a higher frequency of stops within closer proximity. This density is attributed to the time window constraints that necessitate more localised route planning to meet stringent scheduling requirements.

Route Complexity

The VRPTW figures demonstrate increased route complexity, characterised by spaghetti-like patterns and overlapping paths. This complexity arises due to the adherence to specified time windows, which introduces the need for more detailed planning to optimise service times and travel durations. In contrast, VRP figures exhibit more straightforward and less intertwined routes, reflecting the absence of temporal constraints and the resulting more linear route optimisation.

Operational Differences

Service Efficiency

The increased density and complexity of the VRPTW versions underscore a focus on maximising service efficiency within the restricted time windows. Clustering routes within smaller geographical segments enhances the ability to fulfil multiple service requests within limited time frames. This is in contrast with the VRP models, where the primary objective centres on minimising travel distance without the constraint of specific service times, as evidenced by the more spatially distributed routes.

Geographical Coverage

VRP routes tend to exhibit wider geographical coverage, with routes sprawling across wider areas. This approach is suitable for scenarios in which the service time is flexible, emphasising covering a larger service area with minimal travel expenditure. Conversely, VRPTW routes are more concentrated within confined areas, effectively using available time slots for service delivery.

Summary

The comparison between the VRP and VRPTW route graphs shows pronounced differences in the route density, complexity, operational efficiency, and geographical coverage. The VRP models prioritise covering larger areas with minimal travel, whereas VRPTW models emphasise route optimisation within specified time windows, leading to denser and more complex routing patterns. These distinctions underscore the need for tailored approaches to address various routing challenges in logistics and service delivery contexts.

Conclusion

In this study, we removed the time window constraints from Homberger and Gehring (1999) VRPTW instances and solved them as VRP instances to observe the resulting changes. We observed significant differences between the VRP and VRPTW versions for almost all metrics, with a few notable exceptions. Various figures, graphs, and tables thoroughly illustrate these phenomena.

Our analysis revealed significant variability in total route length. Based on the obtained data, we can confidently assert that time window constraints typically affect the total route length. When the time constraints are removed, the mean route lengths tend to be smaller and more consistent across all datasets. Furthermore, removing the time window constraints led to more stable measures regarding the route lengths, route demands, and number of customers per route. Conversely, this study did not derive any substantive insights from metrics such as median route length, maximum route demand, median route demand, maximum number of customers, and median number of customers.

For logistics firms aiming to meet their customers' temporal requests and requirements, it is critical to recognise the substantial variations observed in specific datasets. The imposition of time window constraints incurs significant changes in the route structures, which may result in high costs.

Limitations and Directions for Future Research

This study utilised a dataset comprising 200 customer-size instances. Relatively small dataset size is a notable limitation. Future research can benefit significantly from the use of larger datasets. The selection of dataset size was influenced by the capability of our solver to handle these instances and achieve near-optimal solutions. However, the scalability of our approach may not hold for larger datasets, which poses a challenge for future work in this field.

Conversely, future researchers may also explore the use of smaller datasets. Utilising smaller datasets facilitates the application of exact solvers, which guarantees optimal solutions. This approach can yield more definitive insights but may be less representative of larger, real-world scenarios.

Our study aimed at achieving near-optimal solutions; however, in practical applications, attaining near-optimality may only

occasionally be feasible. Comparative studies focusing on VRP and VRPTW solutions that are significantly far from optimal can offer valuable insights into the performance and applicability of various methodologies.

This research was constrained to a single dataset. Future research could explore combining multiple datasets to enhance the generalizability of the findings. Additionally, while our study employed specific performance metrics for comparison, future researchers' development and utilisation of alternative performance metrics can provide a broader understanding of solver performance.

One limitation of our dataset is that it only allows for one-on-one comparisons. If larger datasets or combinations of datasets are employed in future studies, various statistical tests and advanced data analysis methods can be applied. This would enhance the robustness and applicability of the findings.

Future research could also extend to different VRP variants. For example, standard VRP instances can be examined as Open VRP instances. Comparative analyses of multi-depot versus single-depot VRP using identical customer locations and demands could yield insights into the effect of depot quantity on solution quality. Such studies could involve varying the number of depots to evaluate how the depot quantity affects the solutions.

Although our study provides significant insights, the above-mentioned limitations and avenues for future research highlight the potential for further advancements in this field.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Conception/Design of study: A.Ç.S., H.K.; Data Acquisition: A.Ç.S.; Data Analysis/Interpretation: A.Ç.S., H.K.; Drafting Manuscript: A.Ç.S., H.K.; Critical Revision of Manuscript: A.Ç.S., H.K.; 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:

Ahmet Çağlar Saygılı 0000-0003-0724-1395
Halim Kazan 0000-0002-9234-6214

REFERENCES

- Accorsi, L. (2022, April). Innovative hybrid approaches for vehicle routing problems [Doctoral dissertation, Alma Mater Studiorum Università di Bologna]. <https://doi.org/10.48676/unibo/amsdottorato/10048>
- Alfredo Tang Montané, F., & Galvão, R. D. (2006). A tabu search algorithm for the vehicle routing problem with simultaneous pick-up and delivery service. *Computers & Operations Research*, 33(3), 595–619. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cor.2004.07.009>
- Bard, J. F., Kontoravdis, G., & Yu, G. (2002). A branch-and-cut procedure for the vehicle routing problem with time windows. *Transportation Science*, 36(2), 250–269. <https://doi.org/10.1287/trsc.36.2.250.565>
- Beling, P., Cybula, P., Jaszkiwicz, A., Pełka, P., Rogalski, M., & Sielski, P. (2022). Deep infeasibility exploration method for vehicle routing problems. In L. Pérez Cáceres & S. Verel (Eds.), *Evolutionary computation in combinatorial optimization* (pp. 62–78). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04148-8_5
- Bezanson, J., Edelman, A., Karpinski, S., & Shah, V. B. (2017). Julia: A fresh approach to numerical computing. *SIAM Review*, 59(1), 65–98. <https://doi.org/10.1137/141000671>
- Bouchet-Valat, M., & Kamiński, B. (2023). Dataframes.jl: Flexible and fast tabular data in julia. *Journal of Statistical Software*, 107 (4), 1–32. <https://doi.org/10.18637/jss.v107.i04>
- Bräysy, O., & Gendreau, M. (2002). Tabu search heuristics for the vehicle routing problem with time windows. *Top*, 10(2), 211–237. <https://doi.org/10.1007/BF02579017>
- Bräysy, O., & Gendreau, M. (2005a). Vehicle routing problem with time windows, part i: Route construction and local search algorithms. *Transportation science*, 39(1), 104–118. <https://doi.org/10.1287/trsc.1030.0056>
- Bräysy, O., & Gendreau, M. (2005b). Vehicle routing problem with time windows, part ii: Meta-heuristics. *Transportation Science*, 39(1), 119–139. <https://doi.org/10.1287/trsc.1030.0057>
- Cavaliere, F., Bendotti, E., & Fischetti, M. (2022). An integrated local-search/set-partitioning refinement heuristic for the capacitated vehicle routing problem. *Mathematical Programming Computation*, 14(4), 749–779. <https://doi.org/10.1007/s12532-022-00224-2>
- Christ, S., Schwabeneder, D., Rackauckas, C., Borregaard, M. K., & Breloff, T. (2023). Plots.jl – a user extendable plotting api for the julia programming language. <https://doi.org/10.5334/jors.431>
- Cordeau, J.-F., Laporte, G., & Mercier, A. (2001). A unified tabu search heuristic for vehicle routing problems with time windows. *Journal of the Operational Research Society*, 52(8), 928–936. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601163>
- Deflorio, F., Gonzalez-Feliu, J., Perboli, G., & Tadei, R. (2012). The influence of time windows on the costs of urban freight distribution services

- in city logistics applications. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 12(3). <https://doi.org/10.18757/ejtir.2012.12.3.2965>
- Desaulniers, G., Madsen, O. B., & Ropke, S. (2014). Chapter 5: The vehicle routing problem with time windows. In *Vehicle routing* (pp. 119–159). <https://doi.org/10.1137/1.9781611973594.ch5>
- Figliozzi, M. A. (2010). An iterative route construction and improvement algorithm for the vehicle routing problem with soft time windows [Applications of Advanced Technologies in Transportation: Selected papers from the 10th AATT Conference]. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 18(5), 668–679. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2009.08.005>
- Helsgaun, K. (2000). An effective implementation of the lin-kernighan traveling salesman heuristic. *European Journal of Operational Research*, 126(1), 106–130. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00284-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00284-2)
- Helsgaun, K. (2017). An extension of the lin-kernighan-helsgaun tsp solver for constrained traveling salesman and vehicle routing problems (tech. rep.). Department of Computer Science. Roskilde University. http://akira.ruc.dk/~keld/research/LKH/LKH-3_REPORT.pdf
- Homburger, J., & Gehring, H. (1999). Two evolutionary metaheuristics for the vehicle routing problem with time windows. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 37 (3), 297–318.
- Hottung, A., Kwon, Y.-D., & Tierney, K. (2022). Efficient active search for combinatorial optimization problems. *International Conference on Learning Representations*. <https://openreview.net/forum?id=nO5caZwFwYu>
- Kim, M., Park, J., & Park, J. (2022). Neuro cross exchange: Learning to cross exchange to solve realistic vehicle routing problems.
- Köhler, C., Ehmke, J. F., Campbell, A. M., & Cleophas, C. (2023). Evaluating pricing strategies for premium delivery time windows. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 12, 100108. <https://doi.org/10.1016/j.ejtl.2023.100108>
- Kool, W., Juninck, J. O., Roos, E., Cornelissen, K., Agterberg, P., van Hoorn, J., & Visser, T. (2022). Hybrid genetic search for the vehicle routing problem with time windows: A high-performance implementation. 12th DIMACS Implementation Challenge Workshop.
- Labadie, N., Prins, C., & Prodhon, C. (2016). Simple heuristics and local search procedures. In *Metaheuristics for vehicle routing problems* (pp. 15–37). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119136767.ch2>
- Laporte, G., Ropke, S., & Vidal, T. (2014). Chapter 4: Heuristics for the vehicle routing problem. In *Vehicle routing* (pp. 87–116). <https://doi.org/10.1137/1.9781611973594.ch4>
- Leuschner, R., Charvet, F., & Rogers, D. S. (2013). A meta-analysis of logistics customer service. *Journal of Supply Chain Management*, 49(1), 47–63. <https://doi.org/10.1111/jscm.12000>
- Li, S., Yan, Z., & Wu, C. (2021). Learning to delegate for large-scale vehicle routing. In M. Ranzato, A. Beygelzimer, Y. Dauphin, P. Liang, & J. W. Vaughan (Eds.), *Advances in neural information processing systems* (pp. 26198–26211, Vol. 34). Curran Associates, Inc. https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2021/file/dc9fa5f217a1e57b8a6adeb065560b38-Paper.pdf
- Liu, R., Xie, X., Augusto, V., & Rodriguez, C. (2013). Heuristic algorithms for a vehicle routing problem with simultaneous delivery and pickup and time windows in home health care. *European Journal of Operational Research*, 230(3), 475–486. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.04.044>
- Liu, Y., Roberto, B., Zhou, J., Yu, Y., Zhang, Y., & Sun, W. (2023). Efficient feasibility checks and an adaptive large neighborhood search algorithm for the time-dependent green vehicle routing problem with time windows. *European Journal of Operational Research*, 310(1), 133–155. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.02.028>
- Löwens, C., Ashraf, I., Gembus, A., Cuizon, G., Falkner, J. K., & Schmidt-Thieme, L. (2022). Solving the traveling salesperson problem with precedence constraints by deep reinforcement learning. In R. Bergmann, L. Malburg, S. C. Rodermund, & I. J. Timm (Eds.), *Ki 2022: Advances in artificial intelligence* (pp. 160–172). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15791-2_14
- Meira, L. A., Martins, P. S., Menzori, M., & Zeni, G. A. (2020). Chapter 8 - how to assess your smart delivery system?: Benchmarks for rich vehicle routing problems. In J. Nalepa (Ed.), *Smart delivery systems* (pp. 227–247). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815715-2.00007-5>
- Mendoza, J., Hoskins, M., Guéret, C., Pillac, V., & Vigo, D. (2014). VRP-REP: A vehicle routing community repository. *VeRoLog*'14.
- Muniasamy, R. P., Singh, S., Nasre, R., & Narayanaswamy, N. (2023). Effective parallelization of the vehicle routing problem. *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference*, 1036–1044. <https://doi.org/10.1145/3583131.3590458>
- Nazif, H., & Lee, L. (2010). Optimized crossover genetic algorithm for vehicle routing problem with time windows. *American Journal of Applied Sciences*, 7, 95–101. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2010.95.101>
- Osorio-Mora, A., Escobar, J. W., & Toth, P. (2023). An iterated local search algorithm for latency vehicle routing problems with multiple depots. *Computers & Operations Research*, 158, 106293. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2023.106293>
- Page M J, McKenzie J E, Bossuyt P M, Boutron I, Hoffmann T C, Mulrow C D et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews *BMJ* 2021; 372 :n71 <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pan, X., Jin, Y., Ding, Y., Feng, M., Zhao, L., Song, L., & Bian, J. (2023). H-tsp: Hierarchically solving the large-scale traveling salesman problem. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 37 (8), 9345–9353. <https://doi.org/10.1609/aaai.v37i8.26120>
- Pecin, D., Contardo, C., Desaulniers, G., & Uchoa, E. (2017). New enhancements for the exact solution of the vehicle routing problem with time windows. *INFORMS Journal on Computing*, 29(3), 489–502. <https://doi.org/10.1287/ijoc.2016.0744>
- Pisinger, D., & Ropke, S. (2007). A general heuristic for vehicle routing problems. *Computers & operations research*, 34(8), 2403–2435. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2005.09.012>
- Prodhon, C., & Prins, C. (2016). Metaheuristics for vehicle routing problems. In P. Siarry (Ed.), *Metaheuristics* (pp. 407–437). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45403-0_15
- R Core Team. (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>
- Şahin, M., & Aybek, E. (2020). Jamovi: An easy to use statistical software for the social scientists. *International Journal of Assessment Tools in*

- Education, 6(4), 670–692. <https://doi.org/10.21449/ijate.661803>
- Salari, N., Liu, S., & Shen, Z.-J. M. (2022). Real-time delivery time forecasting and promising in online retailing: When will your package arrive? *Manufacturing & Service Operations Management*, 24(3), 1421–1436. <https://doi.org/10.1287/msom.2022.1081>
- Schaumann, S. K., Bergmann, F. M., Wagner, S. M., & Winkenbach, M. (2023). Route efficiency implications of time windows and vehicle capacities in first- and last-mile logistics. *European Journal of Operational Research*, 311(1), 88–111. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.04.018>
- Solomon, M. M. (1987). Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. *Operations research*, 35(2), 254–265. <https://doi.org/10.1287/opre.35.2.254>
- Sun, Z., & Yang, Y. (2023). Difusco: Graph-based diffusion solvers for combinatorial optimization. In A. Oh, T. Neumann, A. Globerson, K. Saenko, M. Hardt, & S. Levine (Eds.), *Advances in neural information processing systems* (pp. 3706–3731, Vol. 36). Curran Associates, Inc. https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2023/file/0ba520d93c3df592c83a611961314c98-Paper-Conference.pdf
- The Jamovi Project. (2024). Jamovi (version 2.5) [computer software]. <https://www.jamovi.org>
- Vidal, T., Crainic, T. G., Gendreau, M., & Prins, C. (2013). A hybrid genetic algorithm with adaptive diversity management for a large class of vehicle routing problems with time-windows. *Computers & Operations Research*, 40(1), 475–489. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cor.2012.07.018>
- Vidal, T., Crainic, T. G., Gendreau, M., & Prins, C. (2014). A unified solution framework for multi-attribute vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, 234(3), 658–673. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.09.045>
- Wang, C., Zhao, F., Mu, D., Sutherland, J.W. (2013). Simulated Annealing for a Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup-Delivery and Time Windows. In: Prabhu, V., Taisch, M., Kiritsis, D. (eds) *Advances in Production Management Systems. Sustainable Production and Service Supply Chains. APMS 2013. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 415. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41263-9_21
- Yang, R., & Fan, C. (2024). A hierarchical framework for solving the constrained multiple depot traveling salesman problem. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/LRA.2024.3389817>
- Ye, H., Wang, J., Cao, Z., Liang, H., & Li, Y. (2023). Deepaco: Neural-enhanced ant systems for combinatorial optimization. In A. Oh, T. Neumann, A. Globerson, K. Saenko, M. Hardt, & S. Levine (Eds.), *Advances in neural information processing systems* (pp. 43706–43728, Vol. 36). Curran Associates, Inc. https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2023/file/883105b282fe15275991b411e6b200c5-Paper-Conference.pdf
- Zhang, Y., Zhang, D., Wang, L., He, Z., Hu, H. (2020). Balancing Exploration and Exploitation in the Memetic Algorithm via a Switching Mechanism for the Large-Scale VRPTW. In: Nah, Y., Cui, B., Lee, SW., Yu, J.X., Moon, YS., Whang, S.E. (eds) *Database Systems for Advanced Applications. DASFAA 2020. Lecture Notes in Computer*

How cite this article

Saygılı, A.Ç., & Kazan, H. (2024). Operational implications of time window relaxation in vehicle routing problems. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 41, 54–81. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.41.1490601>

Appendix A

Appendix 1. C1 Data

Instance Name	RLT	RLM ₁	RLM ₂	RLM ₃	RLM ₄	RLV	RLS	RDM ₁	RDM ₂	RDM ₃	RDV	RDS	RCM ₁	RCM ₂	RCM ₃	RCV	RCS
C1_1.20.vrp	2583	22	205	129.15	200	2023.95	44.99	20	200	200	8	2.83	1	13	11	8	2.83
C1_2.18.vrp	2551	63	205	141.72	200	201.63	14.2	140	200	200	3.16	1.78	6	13	12	3.16	1.78
C1_3.18.vrp	2551	63	205	141.72	200	201.63	14.2	140	200	200	3.16	1.78	6	13	12	3.16	1.78
C1_4.18.vrp	2551	63	205	141.72	200	201.63	14.2	140	200	200	3.16	1.78	6	13	12	3.16	1.78
C1_5.20.vrp	2583	22	205	129.15	200	2023.95	44.99	20	200	200	8	2.83	1	13	11	8	2.83
C1_6.20.vrp	2583	22	205	129.15	200	2023.95	44.99	20	200	200	8	2.83	1	13	11	8	2.83
C1_7.20.vrp	2583	22	205	129.15	200	2023.95	44.99	20	200	200	8	2.83	1	13	11	8	2.83
C1_8.19.vrp	2562	55	205	134.84	200	625.73	25.01	120	200	200	3.6	1.9	6	13	11	3.6	1.9
C1_9.18.vrp	2551	63	205	141.72	200	201.63	14.2	140	200	200	3.16	1.78	6	13	12	3.16	1.78
C1_10.18.vrp	2551	63	205	141.72	200	201.63	14.2	140	200	200	3.16	1.78	6	13	12	3.16	1.78
C1_1.20.vrptw	2690	60	202	134.5	180	476.58	21.83	130	200	180	2.95	1.72	7	13	11	2.95	1.72
C1_2.18.vrptw	2906	70	206	161.44	200	48.69	6.98	180	200	200	1.16	1.08	9	13	12	1.16	1.08
C1_3.18.vrptw	2693	92	204	149.61	200	72.22	8.5	170	200	200	1.99	1.41	8	13	12	1.99	1.41
C1_4.18.vrptw	2627	93	211	145.94	200	60.46	7.78	170	200	200	1.28	1.13	9	13	12	1.28	1.13
C1_5.20.vrptw	2687	60	202	134.35	180	529.21	23	130	200	180	3.05	1.75	7	13	11	3.05	1.75
C1_6.20.vrptw	2686	60	202	134.3	180	466.05	21.59	130	200	180	3.05	1.75	7	13	11	3.05	1.75
C1_7.20.vrptw	2686	60	202	134.3	180	466.05	21.59	130	200	180	3.05	1.75	7	13	11	3.05	1.75
C1_8.19.vrptw	2771	68	216	145.84	190	359.06	18.95	120	200	190	1.71	1.31	8	13	11	1.71	1.31
C1_9.18.vrptw	2671	95	212	148.39	200	25.16	5.02	190	200	200	1.4	1.18	9	13	12	1.4	1.18
C1_10.18.vrptw	2634	91	206	146.33	200	60.46	7.78	170	200	200	1.16	1.08	9	13	12	1.16	1.08

RLT Route Length Total**RLM1** Route Length Minimum**RLM2** Route Length Maximum**RLM3** Route Length Mean**RLM4** Route Length Median**RLV** Route Length Variance**RLS** Route Length Standard Deviation**RDM1** Route Demand Minimum**RDM2** Route Demand Maximum**RDM3** Route Demand Median**RDV** Route Demand Variance**RDS** Route Demand Standard Deviation**RCM1** Route Customer Minimum**RCM2** Route Customer Maximum**RCM3** Route Customer Median**RCV** Route Customer Variance**RCS** Route Customer Standard Deviation

Appendix B

Appendix 2. C2 Data

Instance Name	RLT	RLM ₁	RLM ₂	RLM ₃	RLM ₄	RLV	RLS	RDM ₁	RDM ₂	RDM ₃	RDV	RDS	RCM ₁	RCM ₂	RCM ₃	RCV	RCS
C2_1.6.vrp	1470	101	325	245	700	17616.67	132.73	370	700	700	90.67	9.52	17	41	37	90.67	9.52
C2_2.6.vrp	1470	101	325	245	700	17616.67	132.73	370	700	700	90.67	9.52	17	41	37	90.67	9.52
C2_3.6.vrp	1470	101	325	245	700	17616.67	132.73	370	700	700	90.67	9.52	17	41	37	90.67	9.52
C2_4.6.vrp	1470	101	325	245	700	17616.67	132.73	370	700	700	90.67	9.52	17	41	37	90.67	9.52
C2_5.6.vrp	1470	101	325	245	700	17616.67	132.73	370	700	700	90.67	9.52	17	41	37	90.67	9.52
C2_6.6.vrp	1470	101	325	245	700	17616.67	132.73	370	700	700	90.67	9.52	17	41	37	90.67	9.52
C2_7.6.vrp	1470	101	325	245	700	17616.67	132.73	370	700	700	90.67	9.52	17	41	37	90.67	9.52
C2_8.6.vrp	1470	101	325	245	700	17616.67	132.73	370	700	700	90.67	9.52	17	41	37	90.67	9.52
C2_9.6.vrp	1470	101	325	245	700	17616.67	132.73	370	700	700	90.67	9.52	17	41	37	90.67	9.52
C2_10.6.vrp	1470	101	325	245	700	17616.67	132.73	370	700	700	90.67	9.52	17	41	37	90.67	9.52
C2_1.6.vrp _{tw}	1923	268	357	320.50	630	176.67	13.29	610	640	630	2.67	1.63	31	36	37	2.67	1.63
C2_2.6.vrp _{tw}	1854	179	356	309	640	3856.67	62.10	520	690	640	9.47	3.08	28	36	37	9.47	3.08
C2_3.6.vrp _{tw}	1767	161	356	294.50	645	4296.67	65.55	500	690	645	11.07	3.33	27	36	37	11.07	3.33
C2_4.6.vrp _{tw}	1691	194	347	281.83	640	5296.67	72.78	490	700	640	12.67	3.56	27	36	37	12.67	3.56
C2_5.6.vrp _{tw}	1867	271	353	311.17	625	896.67	29.94	590	670	625	3.47	1.86	31	36	37	3.47	1.86
C2_6.6.vrp _{tw}	1852	251	352	308.67	635	2176.67	46.65	550	690	635	6.27	2.50	30	36	37	6.27	2.50
C2_7.6.vrp _{tw}	1842	264	352	307.00	625	1176.67	34.30	580	670	625	5.07	2.25	31	36	37	5.07	2.25
C2_8.6.vrp _{tw}	1813	251	350	302	640	1896.67	43.55	550	670	640	4.67	2.16	30	36	37	4.67	2.16
C2_9.6.vrp _{tw}	1822	264	349	303.67	620	576.67	24.01	610	670	620	3.87	1.97	31	36	37	3.87	1.97
C2_10.6.vrp _{tw}	1800	251	350	300	635	2016.67	44.91	550	670	635	5.47	2.34	30	36	37	5.47	2.34

RLT Route Length Total

RLM₁ Route Length MinimumRLM₂ Route Length MaximumRLM₃ Route Length MeanRLM₄ Route Length Median

RLV Route Length Variance

RLS Route Length Standard Deviation

RDM₁ Route Demand MinimumRDM₂ Route Demand MaximumRDM₃ Route Demand Median

RDV Route Demand Variance

RDS Route Demand Standard Deviation

RCM₁ Route Customer MinimumRCM₂ Route Customer MaximumRCM₃ Route Customer Median

RCV Route Customer Variance

RCS Route Customer Standard Deviation

Appendix C

Appendix 3. R1 Data

Instance Name	RLT	RLM ₁	RLM ₂	RLM ₃	RLM ₄	RLV	RLS	RDM ₁	RDM ₂	RDM ₃	RDV	RDS	RCM ₁	RCM ₂	RCM ₃	RCV	RCS
R1_1.20.vrp	2881	2	244	144.05	197	2804.98	52.96	9	200	197	15.05	3.88	1	17	11	15.05	3.88
R1_2.18.vrp	2866	61	244	159.22	197.5	68.38	8.27	167	200	197.5	6.46	2.54	7	17	11	6.46	2.54
R1_3.18.vrp	2866	61	244	159.22	197.5	68.38	8.27	167	200	197.5	6.46	2.54	7	17	11	6.46	2.54
R1_4.18.vrp	2866	61	244	159.22	197.5	68.38	8.27	167	200	197.5	6.46	2.54	7	17	11	6.46	2.54
R1_5.18.vrp	2866	61	244	159.22	197.5	68.38	8.27	167	200	197.5	6.46	2.54	7	17	11	6.46	2.54
R1_6.18.vrp	2866	61	244	159.22	197.5	68.38	8.27	167	200	197.5	6.46	2.54	7	17	11	6.46	2.54
R1_7.18.vrp	2866	61	244	159.22	197.5	68.38	8.27	167	200	197.5	6.46	2.54	7	17	11	6.46	2.54
R1_8.18.vrp	2866	61	244	159.22	197.5	68.38	8.27	167	200	197.5	6.46	2.54	7	17	11	6.46	2.54
R1_9.18.vrp	2866	61	244	159.22	197.5	68.38	8.27	167	200	197.5	6.46	2.54	7	17	11	6.46	2.54
R1_10.18.vrp	2866	61	244	159.22	197.5	68.38	8.27	167	200	197.5	6.46	2.54	7	17	11	6.46	2.54
R1_1.20.vrptw	4784	138	325	239.20	180	309.40	17.59	135	199	180	1.58	1.26	8	12	11	1.58	1.26
R1_2.18.vrptw	4093	111	307	227.39	197	50.50	7.11	170	200	197	2.10	1.45	9	14	11	2.10	1.45
R1_3.18.vrptw	3390	103	268	188.33	196.5	21.32	4.62	184	200	196.5	3.52	1.88	8	15	11	3.52	1.88
R1_4.18.vrptw	3059	54	255	169.94	198	70.62	8.40	163	200	198	6.58	2.56	8	18	11	6.58	2.56
R1_5.18.vrptw	4128	134	374	229.33	196	14.50	3.81	187	200	196	3.75	1.94	8	15	11	3.75	1.94
R1_6.18.vrptw	3609	107	301	200.50	199	77.44	8.80	168	200	199	3.05	1.75	8	14	11	3.05	1.75
R1_7.18.vrptw	3165	112	257	175.83	197	24.03	4.90	186	200	197	3.63	1.91	8	15	11	3.63	1.91
R1_8.18.vrptw	2971	76	241	165.06	199	133.79	11.57	150	200	199	5.28	2.30	7	17	11	5.28	2.30
R1_9.18.vrptw	3790	124	309	210.56	197	23.09	4.81	186	200	197	2.93	1.71	9	14	11	2.93	1.71
R1_10.18.vrptw	3318	97	266	184.33	198	97.44	9.87	157	200	198	2.58	1.60	8	14	11	2.58	1.60

RLT Route Length Total**RLM1** Route Length Minimum**RLM2** Route Length Maximum**RLM3** Route Length Mean**RLM4** Route Length Median**RLV** Route Length Variance**RLS** Route Length Standard Deviation**RDM1** Route Demand Minimum**RDM2** Route Demand Maximum**RDM3** Route Demand Median**RDV** Route Demand Variance**RDS** Route Demand Standard Deviation**RCM1** Route Customer Minimum**RCM2** Route Customer Maximum**RCM3** Route Customer Median**RCV** Route Customer Variance**RCS** Route Customer Standard Deviation

Appendix D

Appendix 4. R2 Data

Instance Name	RLT	RLM ₁	RLM ₂	RLM ₃	RLM ₄	RLV	RLS	RDM ₁	RDM ₂	RDM ₃	RDV	RDS	RCM ₁	RCM ₂	RCM ₃	RCV	RCS
R2_1.4.vrp	1598	325	443	399.5	848	6452.25	80.33	820	997	848	8.67	2.94	47	53	50	8.67	2.94
R2_2.4.vrp	1598	325	443	399.5	848	6452.25	80.33	820	997	848	8.67	2.94	47	53	50	8.67	2.94
R2_3.4.vrp	1598	325	443	399.5	848	6452.25	80.33	820	997	848	8.67	2.94	47	53	50	8.67	2.94
R2_4.4.vrp	1598	325	443	399.5	848	6452.25	80.33	820	997	848	8.67	2.94	47	53	50	8.67	2.94
R2_5.4.vrp	1598	325	443	399.5	848	6452.25	80.33	820	997	848	8.67	2.94	47	53	50	8.67	2.94
R2_6.4.vrp	1598	325	443	399.5	848	6452.25	80.33	820	997	848	8.67	2.94	47	53	50	8.67	2.94
R2_7.4.vrp	1598	325	443	399.5	848	6452.25	80.33	820	997	848	8.67	2.94	47	53	50	8.67	2.94
R2_8.4.vrp	1598	325	443	399.5	848	6452.25	80.33	820	997	848	8.67	2.94	47	53	50	8.67	2.94
R2_9.4.vrp	1598	325	443	399.5	848	6452.25	80.33	820	997	848	8.67	2.94	47	53	50	8.67	2.94
R2_10.4.vrp	1598	325	443	399.5	848	6452.25	80.33	820	997	848	8.67	2.94	47	53	50	8.67	2.94
R2_1.4.vrp _{tw}	4477	1012	1179	1119.25	872.5	8804.92	93.83	775	993	872.5	16.67	4.08	47	56	50	16.67	4.08
R2_2.4.vrp _{tw}	3610	764	1040	902.5	896.5	12554.92	112.05	726	994	896.5	28.00	5.29	43	55	50	28.00	5.29
R2_3.4.vrp _{tw}	2865	420	847	716.25	897	14239.58	119.33	728	991	897	74.67	8.64	38	58	50	74.67	8.64
R2_4.4.vrp _{tw}	1970	424	558	492.5	907	14328.92	119.70	709	990	907	72.67	8.52	43	62	50	72.67	8.52
R2_5.4.vrp _{tw}	3355	773	916	838.75	887.5	5203.58	72.14	797	941	887.5	17.33	4.16	45	55	50	17.33	4.16
R2_6.4.vrp _{tw}	2897	605	841	724.25	931	18454.92	135.85	678	973	931	70.67	8.41	39	59	50	70.67	8.41
R2_7.4.vrp _{tw}	2442	391	763	610.5	883	15080.25	122.80	751	996	883	68.67	8.29	41	61	50	68.67	8.29
R2_8.4.vrp _{tw}	1838	305	533	459.5	891.5	16148.25	127.08	742	988	891.5	118.00	10.86	36	60	50	118.00	10.86
R2_9.4.vrp _{tw}	3087	654	865	771.75	888	10298.25	101.48	756	981	888	24.00	4.90	44	56	50	24.00	4.90
R2_10.4.vrp _{tw}	2655	555	940	663.75	902	13292.92	115.29	728	981	902	58.00	7.62	44	61	50	58.00	7.62

- RLT** Route Length Total
- RLM1** Route Length Minimum
- RLM2** Route Length Maximum
- RLM3** Route Length Mean
- RLM4** Route Length Median
- RLV** Route Length Variance
- RLS** Route Length Standard Deviation
- RDM1** Route Demand Minimum
- RDM2** Route Demand Maximum
- RDM3** Route Demand Median
- RDV** Route Demand Variance
- RDS** Route Demand Standard Deviation
- RCM1** Route Customer Minimum
- RCM2** Route Customer Maximum
- RCM3** Route Customer Median
- RCV** Route Customer Variance
- RCS** Route Customer Standard Deviation

Appendix E

Appendix 5. RC1 Data

Instance Name	RLT	RLM ₁	RLM ₂	RLM ₃	RLM ₄	RLV	RLS	RDM ₁	RDM ₂	RDM ₃	RDV	RDS	RCM ₁	RCM ₂	RCM ₃	RCV	RCS
RC1_1.18.vrp	2786	75	225	154.78	199	8.94	2.99	190	200	199	2.69	1.64	8	15	11	2.69	1.64
RC1_2.18.vrp	2786	75	225	154.78	199	8.94	2.99	190	200	199	2.69	1.64	8	15	11	2.69	1.64
RC1_3.18.vrp	2786	75	225	154.78	199	8.94	2.99	190	200	199	2.69	1.64	8	15	11	2.69	1.64
RC1_4.18.vrp	2786	75	225	154.78	199	8.94	2.99	190	200	199	2.69	1.64	8	15	11	2.69	1.64
RC1_5.18.vrp	2786	75	225	154.78	199	8.94	2.99	190	200	199	2.69	1.64	8	15	11	2.69	1.64
RC1_6.18.vrp	2786	75	225	154.78	199	8.94	2.99	190	200	199	2.69	1.64	8	15	11	2.69	1.64
RC1_7.18.vrp	2786	75	225	154.78	199	8.94	2.99	190	200	199	2.69	1.64	8	15	11	2.69	1.64
RC1_8.18.vrp	2786	75	225	154.78	199	8.94	2.99	190	200	199	2.69	1.64	8	15	11	2.69	1.64
RC1_9.18.vrp	2786	75	225	154.78	199	8.94	2.99	190	200	199	2.69	1.64	8	15	11	2.69	1.64
RC1_10.18.vrp	2786	75	225	154.78	199	8.94	2.99	190	200	199	2.69	1.64	8	15	11	2.69	1.64
RC1_1.18.vrptw	3693	93	397	205.17	198.5	6.12	2.47	191	200	198.5	1.40	1.18	9	13	11	1.40	1.18
RC1_2.18.vrptw	3319	93	310	184.39	198	5.88	2.43	193	200	198	1.05	1.02	9	13	11	1.05	1.02
RC1_3.18.vrptw	3013	93	235	167.39	199	12.71	3.56	186	200	199	1.99	1.41	8	14	11	1.99	1.41
RC1_4.18.vrptw	2875	83	243	159.72	199	9.18	3.03	189	200	199	2.10	1.45	8	14	11	2.10	1.45
RC1_5.18.vrptw	3451	114	297	191.72	198	7.29	2.70	190	200	198	1.40	1.18	8	13	11	1.40	1.18
RC1_6.18.vrptw	3390	100	288	188.33	199	14.59	3.82	188	200	199	1.63	1.28	9	13	11	1.63	1.28
RC1_7.18.vrptw	3296	109	264	183.11	198	5.41	2.33	192	200	198	1.63	1.28	9	14	11	1.63	1.28
RC1_8.18.vrptw	3132	93	282	174.00	199	6.82	2.61	192	200	199	2.10	1.45	9	14	11	2.10	1.45
RC1_9.18.vrptw	3099	93	263	172.17	199	12.47	3.53	186	200	199	2.10	1.45	8	13	11	2.10	1.45
RC1_10.18.vrptw	3006	93	276	167.00	199	8.35	2.89	191	200	199	3.28	1.81	8	15	11	3.28	1.81

RLT Route Length Total**RLM1** Route Length Minimum**RLM2** Route Length Maximum**RLM3** Route Length Mean**RLM4** Route Length Median**RLV** Route Length Variance**RLS** Route Length Standard Deviation**RDM1** Route Demand Minimum**RDM2** Route Demand Maximum**RDM3** Route Demand Median**RDV** Route Demand Variance**RDS** Route Demand Standard Deviation**RCM1** Route Customer Minimum**RCM2** Route Customer Maximum**RCM3** Route Customer Median**RCV** Route Customer Variance**RCS** Route Customer Standard Deviation

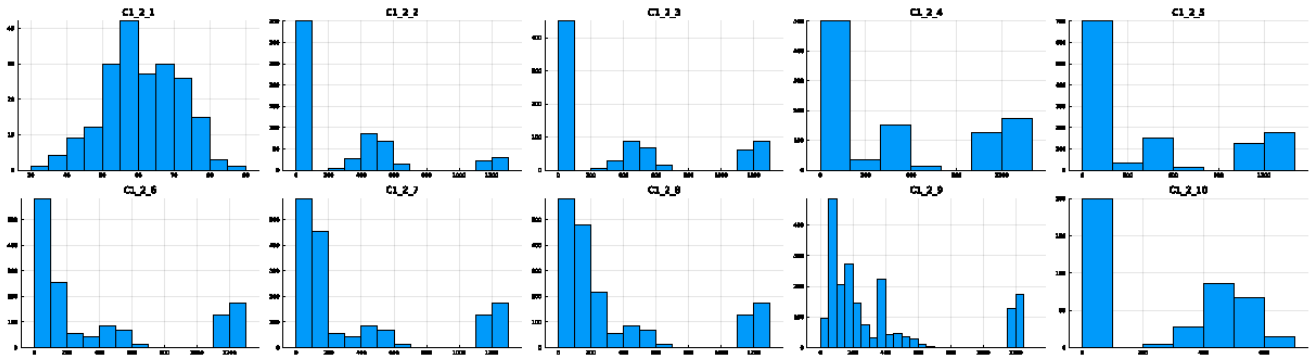
Appendix F

Appendix 6. RC2 Data

Instance Name	RLT	RLM ₁	RLM ₂	RLM ₃	RLM ₄	RLV	RLS	RDM ₁	RDM ₂	RDM ₃	RDV	RDS	RCM ₁	RCM ₂	RCM ₃	RCV	RCS
RC2_1.6.vrp	1538	18	495	256.33	779.5	204654	452.39	19	984	779.5	665.87	25.80	1	59	43.5	665.87	25.80
RC2_2.5.vrp	1516	18	495	303.2	807	157808	397.25	22	984	807	519	22.78	1	59	47	519	22.78
RC2_3.4.vrp	1498	229	495	374.5	901.5	11257.67	106.10	771	984	901.5	52.67	7.26	42	59	49.5	52.67	7.26
RC2_4.4.vrp	1498	229	495	374.5	901.5	11257.67	106.10	771	984	901.5	52.67	7.26	42	59	49.5	52.67	7.26
RC2_5.4.vrp	1498	229	495	374.5	901.5	11257.67	106.10	771	984	901.5	52.67	7.26	42	59	49.5	52.67	7.26
RC2_6.4.vrp	1498	229	495	374.5	901.5	11257.67	106.10	771	984	901.5	52.67	7.26	42	59	49.5	52.67	7.26
RC2_7.4.vrp	1498	229	495	374.5	901.5	11257.67	106.10	771	984	901.5	52.67	7.26	42	59	49.5	52.67	7.26
RC2_8.4.vrp	1498	229	495	374.5	901.5	11257.67	106.10	771	984	901.5	52.67	7.26	42	59	49.5	52.67	7.26
RC2_9.4.vrp	1498	229	495	374.5	901.5	11257.67	106.10	771	984	901.5	52.67	7.26	42	59	49.5	52.67	7.26
RC2_10.4.vrp	1498	229	495	374.5	901.5	11257.67	106.10	771	984	901.5	52.67	7.26	42	59	49.5	52.67	7.26
RC2_1.6.vrptw	3086	417	623	514.33	584	8519	92.30	448	728	584	13.07	3.61	27	38	43.5	13.07	3.61
RC2_2.5.vrptw	2816	414	751	563.2	743	5680	75.37	599	792	743	11.50	3.39	36	44	47	11.5	3.39
RC2_3.4.vrptw	2586	571	785	646.5	883.5	5980.33	77.33	803	988	883.5	10	3.16	46	53	49.5	10	3.16
RC2_4.4.vrptw	2022	453	597	505.5	894	14643.67	121.01	774	996	894	32.67	5.72	44	57	49.5	32.67	5.72
RC2_5.4.vrptw	2903	609	844	725.75	877	1329	36.46	862	942	877	12.67	3.56	47	54	49.5	12.67	3.56
RC2_6.4.vrptw	2864	606	871	716.0	878	5885.67	76.72	809	993	878	16.67	4.08	45	55	49.5	16.67	4.08
RC2_7.4.vrptw	2517	525	757	629.25	926	12654.33	112.49	727	979	926	23.33	4.83	46	57	49.5	23.33	4.83
RC2_8.4.vrptw	2303	351	754	575.75	901.5	16371	127.95	756	999	901.5	60.67	7.79	41	57	49.5	60.67	7.79
RC2_9.4.vrptw	2172	456	688	543.0	893	14121	118.83	775	997	893	36.67	6.06	44	58	49.5	36.67	6.06
RC2_10.4.vrptw	1998	439	551	499.5	899.5	12855	113.38	771	988	899.5	18	4.24	47	56	49.5	18	4.24

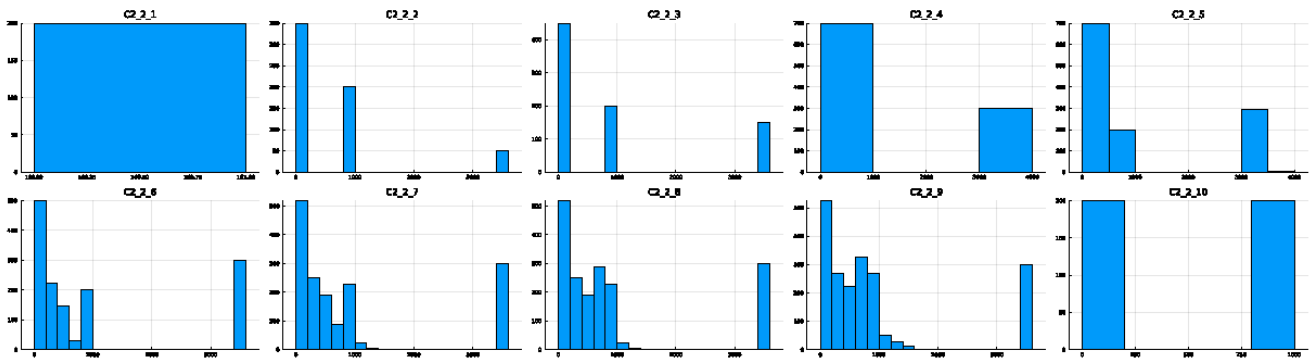
- RLT** Route Length Total
- RLM1** Route Length Minimum
- RLM2** Route Length Maximum
- RLM3** Route Length Mean
- RLM4** Route Length Median
- RLV** Route Length Variance
- RLS** Route Length Standard Deviation
- RDM1** Route Demand Minimum
- RDM2** Route Demand Maximum
- RDM3** Route Demand Median
- RDV** Route Demand Variance
- RDS** Route Demand Standard Deviation
- RCM1** Route Customer Minimum
- RCM2** Route Customer Maximum
- RCM3** Route Customer Median
- RCV** Route Customer Variance
- RCS** Route Customer Standard Deviation

Appendix G



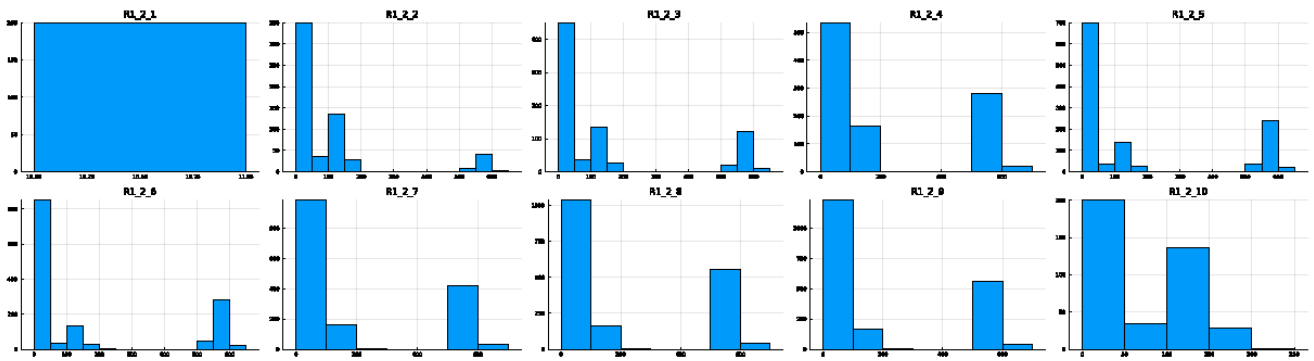
Appendix 7. C1 Time Windows Distributions

Appendix H



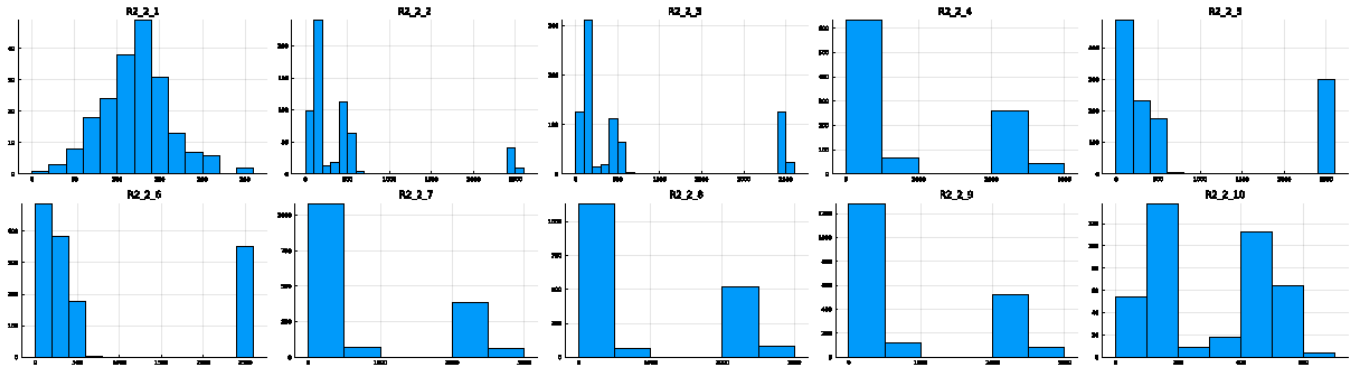
Appendix 8. C2 Time Windows Distributions

Appendix I



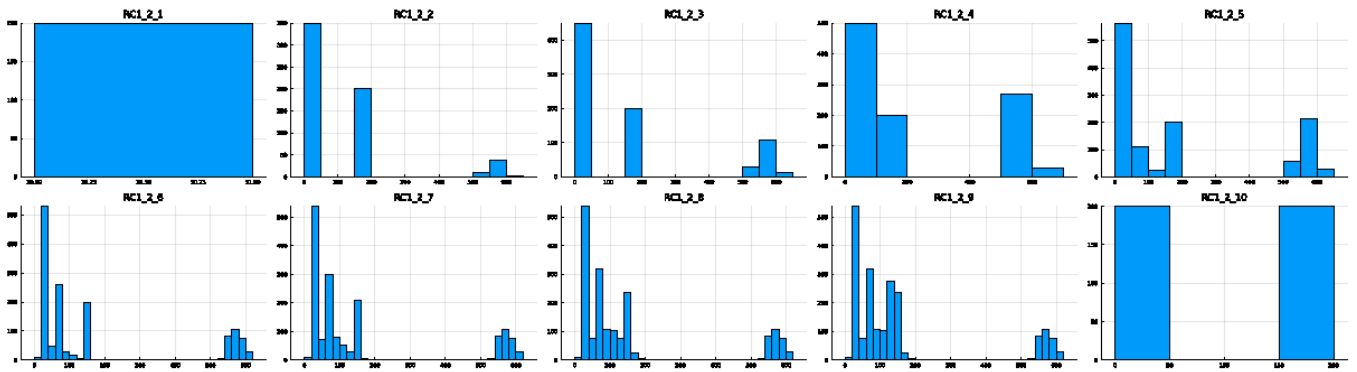
Appendix 9. R1 Time Windows Distributions

Appendix J



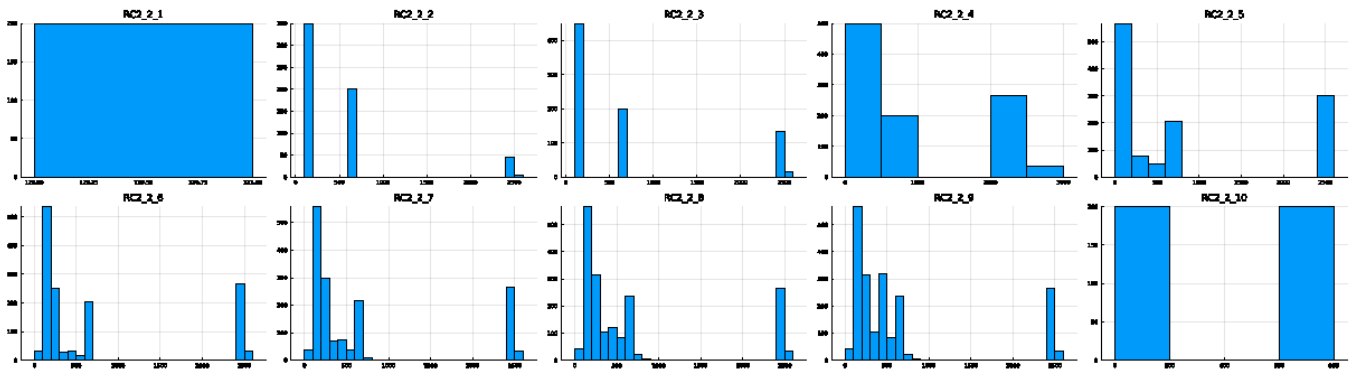
Appendix 10. R2 Time Windows Distributions

Appendix K



Appendix 11. RC1 Time Windows Distributions



Appendix L



Appendix 12. RC2 Time Windows Distributions

Üniversite Öğrencilerinin Yenilikçilik Kapasitelerinin Teknolojik Yenilikçilik Eğilimlerine Etkisini Ölçmeye Yönelik Bir Model Önerisi*

A Model Proposal to Measure the Effect of University Students' Innovation Capacity on Their Technological Innovation Tendencies

Ebru Ilgat¹ , Noyan Aydın² 

¹(Doktora Öğrencisi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Bölümü, Ankara, Türkiye

²(Doç. Dr.), Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Kütahya, Türkiye

* Bu çalışma, Noyan AYDIN danışmanlığında yazar Ebru ILGAT tarafından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi'nde 2018 yılında tamamlanarak kabul edilen Üniversite Öğrencilerinin Yenilikçilik Kapasitelerinin Teknolojik Yenilikçilik Eğilimlerine Etkisini Ölçmeye Yönelik Bir Model Önerisi başlıklı yüksek lisans tezi esas alınarak yapılmıştır.

ÖZ

Yenilikçilik (inovasyon), yeni fikirlerin veya ürünlerin benimsenmesi veya uygulanması olarak tanımlanır ve beceri gelişimini ve sürekli öğrenmeyi teşvik eder. Aynı zamanda, yeni teknolojiler ve iş uygulamalarının entegrasyonunu içerirken, teknolojik gelişmeler ürün ve süreçlerin oluşturulmasını ve iyileştirilmesini sağlamaktadır. Artan rekabet ortamında sosyal ve ekonomik alanlarda teknolojik yeniliğin ve girişimciliğin önemi giderek artmakta ve toplumların hızlı bilimsel gelişmelere uyum sağlaması gerekmektedir. Bu bağlamda, bireylerin ve toplumların bilgi edinme, girişimcilik ve yaratıcılık özellikleri de sosyoekonomik ilerlemede merkezi bir role sahip olup, pek çok sektörü etkileyerek bir yenilikçilik kültürünü teşvik etmektedir. Girişimciler yeni fikirler ve ürünler geliştirebildikleri için girişimcilik, ekonomik ilerlemenin anahtar itici gücü olarak öne çıkmaktadır. Yaratıcılık, kurumsal etkinlikte ve rekabetçi ortamlara uyum sağlamada önemli bir rol oynayarak yenilikçiliği beslemekte ve değişken ortamlara uyum sağlayarak performansı artırmaktadır. Bu çalışmada, yenilikçilik anlamında en çok potansiyele sahip üniversite öğrencilerinin yenilikçilik kapasiteleri ile teknolojik yenilik eğilimleri arasındaki ilişki incelenmiştir. 836 öğrenciden temin edilen veriler yapısal eşitlik modeli ile analiz edilmiştir. Bulgular, yaratıcılığın inovasyon eğilimini en çok etkileyen faktör olduğunu, risk alma eğiliminin ise en az öneme sahip faktör olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda, öğrencilerin girişimcilik ve yenilikçilik kapasiteleri ile risk alabilme tutumlarını değiştirip geliştirebilmek için erken yaşlardan itibaren eğitimde hem bilgilendirici hem de teşvik edici pratik uygulamalara yer verecek politikalar geliştirilmelidir. Böylelikle ülkenin sosyo-ekonomik ve teknolojik gelişimine önemli katkılar sağlanabilecektir.

ABSTRACT

Innovation is defined as the adoption or application of new ideas or products, fostering skill development and continuous learning. It also involves the integration of new technologies and business practises, with technological advancements enabling the creation and improvement of products and processes. In an increasingly competitive environment, the importance of technological innovation and entrepreneurship in the social and economic spheres is growing, requiring societies to adapt to rapid scientific developments. In this context, the knowledge acquisition, entrepreneurial, and creative capabilities of individuals and societies play a central role in socio-economic progress, impacting various sectors and promoting a culture of innovation. Entrepreneurship stands out as a key driver of economic progress, as entrepreneurs can develop new ideas and products. Creativity plays a significant role in organisational effectiveness and adapting to competitive environments, fostering innovation and enhancing performance in dynamic settings. This study examines the relationship between the innovation capacities and technological innovation tendencies of university students who have the greatest potential for innovation. Data collected from 836 students were analysed using structural equation modelling. The findings indicate that creativity is the most influential factor affecting innovation tendency, while the propensity to take risks is the least important factor. Accordingly, policies should be developed that include both informative and encouraging practical applications in education from early ages to change and enhance students' entrepreneurial and innovative capacities and their attitudes towards risk-taking. In this way, significant contributions can be made to a country's socio-economic and technological development.

Corresponding Author: Noyan Aydın E-mail: noyan.aydin@dpu.edu.tr

Submitted: 07.06.2024 • Accepted: 08.10.2024



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

Anahtar Kelimeler: Teknolojik Yenilikçilik, Yenilikçilik, Girişimcilik, Yapısal Eşitlik Modeli

Keywords: Technological Innovation, Innovation, Entrepreneurship, Structural Equation Model

EXTENDED SUMMARY

Innovation can be seen as the adoption or implementation of a new idea or product within a specific context, demonstrating the adaptability of a concrete output resulting from the creative process. It generates excitement, encourages skill development and information exchange, and promotes dynamism by breaking monotony. Innovation also accelerates organisational and personal growth, encouraging originality, personal development, and continuous learning.

Innovation has become increasingly crucial in both social and economic contexts, prompting rapid changes towards more scientifically advanced societies. Adapting to these changes is vital to avoid being left behind. Knowledge acquisition is central to socioeconomic progress, influencing economic, political, and social dynamics. As knowledge spreads, it profoundly impacts sectors such as the economy, business environment, and education, fostering a culture of innovation. Innovation integrates new technologies and business practises, facilitating governance by addressing public issues and shaping policy frameworks.

The innovation process involves developing, commercialising, and marketing new or improved products, processes, or services. It encompasses a broad range of activities, from product development to implementing new organisational structures and administrative systems. Technological innovation involves transforming new ideas into concrete products and disseminating them. It is divided into two main types: technological product innovation, which commercialises a product to provide new services or maximise existing product benefits, and technological process innovation, which involves the complete innovation or significant improvement of production or distribution processes.

Technological developments and innovative approaches create practical products. This innovation manifest in both the improvement and development of existing products and the production of entirely new ones. Technological product innovation focuses on providing new services to consumers through product development or commercialisation, while technological process innovation aims at improving production or distribution methods. Globalisation, driven by technological progress, has reshaped the global arena, intensifying competition, particularly in industrial areas.

Creativity, the essence of human endeavour, significantly impacts organisational effectiveness, providing resilience in rapid transformations and competitive environments. The process of birthing new concepts embodies creativity as a precursor to innovative breakthroughs, fuelling innovation and turning intellectual effort into tangible results. Creativity involves critical thinking, distinguishing connections between events, anticipating obstacles, finding solutions, and expressing findings precisely. It is crucial to adapt to variability in complex and competitive environments to innovate and enhance performance.

An entrepreneur combines innovative products, processes, markets, organisational structures, or supply channels, taking proactive risks to transform opportunities into viable economic offers. Entrepreneurship involves implementing new configurations, perceiving opportunities arising from environmental factors, and transforming these opportunities into products or services.

In today's globalised world, entrepreneurship has emerged as a critical factor driving economic progress. With increasing competition and technological advancements, individuals and institutions must adopt innovations to stay current. Entrepreneurs play a pivotal role in this by pioneering new ideas and products through their visionary perspectives.

This study examines the relationship between university students' entrepreneurial characteristics and their innovation-technological innovativeness. Data were collected through a survey and analysed using a structural equation model. The study focuses on the innovative and entrepreneurial characteristics of university students, hypothesising their impact on the students' general tendency to innovate and subsequently their tendency towards technological innovation. Data were gathered from 836 undergraduate students at Kütahya Dumlupınar University Faculty of Economics and Administrative Sciences.

University students were chosen due to their leading role in society and their potential to generate new ideas and contribute significantly to economic and technological progress. Universities are key action centres for discovering talents and producing and sharing knowledge. The survey targeted students to test the impact of their innovative capacity on technological innovation tendency using structural equation modelling.

The scale used to measure innovation and technological innovation tendency included factors like risk-taking, proactiveness, uncertainty avoidance, creativity, innovativeness, and technological innovation. The overall reliability of the measurement model was high (Cronbach's $\alpha = 0.95$). Confirmatory factor analysis and necessary modifications yielded a significant model ($p < 0.05$) with acceptable goodness of fit values ($X^2/df = 3.35$, $GFI = 0.85$, $RMSEA = 0.59$).

All hypotheses were confirmed, except for the one proposing a relationship between the risk-taking tendency and the innovation tendency. Creativity was the most important factor influencing students' innovation tendency, while risk-taking was the least important. The emphasis on creativity may stem from the need to tackle diverse problems in a world of constant change and competition. Students' perceptions of socioeconomic risk and uncertainty might influence the lack of a significant relationship between risk-taking and innovation tendencies.

To foster innovation, innovation be integrated into national education policy from an early age, with local and general competitions to encourage students. During long holidays, students can be directed to techno parks, research centres, and university campuses for scientific research training. Higher education students should be encouraged to participate in social and scientific activities to apply their theoretical knowledge. Finally, the entrepreneurship course content and teaching style in higher education should be revised to be practical and independent of grade concerns.

Giriş

Yenilikçilik (inovasyon), hem sosyal hem de ekonomik alanda giderek artan bir ilgi düzeyine sahiptir. Uluslar ve bireyler, bilimsel açıdan daha gelişmiş toplumlar olma yolunda hızlı bir değişim yaşamakta; bu anlamda geri kalınmaması için de söz konusu değişimlere uyum sağlamak son derece önemli olmaktadır. Bir toplumun ekonomik, politik ve sosyal dinamiklerine yeni bakış açıları kazandırması açısından da sosyoekonomik ilerlemenin merkezinde bilgi edinimi yer almaktadır. Bilgi yayılımıyla birlikte ekonomi, iş ortamı ve eğitim alanları da dahil olmak üzere pek çok sektör üzerinde derin bir etkisi oluşmakta ve yenilikçilik kültürü teşvik edilmektedir. Yenilikçilik, yeni teknolojilerin ve iş uygulamalarının entegrasyonunu kapsamaktadır. Yönetişim bağlamında yenilik de kamusal sorunların ele alınmasında, politika çerçevelerinin şekillendirilmesinde ve operasyonel protokollerin düzenlenmesinde ilerlemeyi kolaylaştırmaktadır (Er, 2013). Yenilikçi yaklaşımlar sayesinde teknolojik gelişmeler pratik ürünlerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu yenilik hem mevcut ürünlerin iyileştirilmesinde ve geliştirilmesinde hem de tamamen yenilerinin üretilmesinde açıkça görülmektedir. Teknolojik ürün yeniliği, ürün geliştirme veya ticarileştirme yoluyla tüketicilere yeni hizmetler sunmaya odaklanırken, teknolojik süreç yeniliği ise üretim veya dağıtım yöntemlerinin iyileştirilmesiyle ilgilidir. Eş zamanlı olarak, teknolojik ilerlemenin tetiklediği küreselleşmenin etkisi, küresel arenayı yeniden şekillendirmekte ve özellikle endüstriyel alanlarda rekabeti yoğunlaştırmaktadır (Oğuz ve Prystrom, 2015).

Günümüzün küreselleşmiş dünyasında girişimcilik, ekonomik ilerlemeyi yönlendiren önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Artan rekabet ve teknolojik gelişmelerle birlikte bireyler ve kurumlar güncel kalabilmeleri için yenilikleri benimsemeleri gerekmektedir. Girişimciler, vizyon sahibi bakış açılarıyla, yeniliklere öncülük ederek, yeni düşünce ve çıktılarının artışını teşvik etmektedirler (Karadal ve Saygın, 2016).

Son yıllarda bilim ve teknolojiye küresel düzeyde önemli ilerlemeler olmaktadır. Türkiye de buna paralel eğitim, araştırma, üretim ve ekonomi gibi pek çok alanda önemli ilerlemeler kaydetmekte ve yenilikçiliğe elverişli bir ortam tesis etmeye çalışmaktadır. Ayrıca bilim, teknoloji ve yenilik ekosistemini destekleme, yüksek teknoloji ile katma değeri yüksek ürün ve hizmetler geliştirme ve bu amaçlara yönelik nitelikli bilgi üretimi ve insan kaynağının gelişiminin sağlanması hedefiyle TÜBİTAK da önemli bir rol üstlenmektedir.

Bu çalışmada, üniversite öğrencilerinin girişimci özellikleri ile yenilikçilik/teknolojik yenilikçilik arasındaki ilişki bir anket aracılığıyla elde edilmiş verilerden hareketle ve yapısal eşitlik modeli aracılığıyla analiz edilmiştir. Bu çerçevede, ilk bölümde kavramsal çerçeve çizilmiş, ikinci bölümde analizde kullanılan Yapısal Eşitlik Modeli (YEM) yöntemine özetle yer verilmiş ve son bölümde de üniversite öğrencilerine uygulanan anket çalışmasından hareketle uygulanan analiz sonuçları ile çeşitli önerilere yer verilmiştir.

Girişimcilik, Yenilikçilik ve Teknolojik Yenilikçilik

Yaratıcılık, insan uğraşlarının özü ve yaygın bir unsur olarak kurumsal etkinliği artırmada önemli bir etkiye sahip olup hızlı dönüşümler ve rekabet ortamlarında dayanıklılık sağlayabilmektedir. Yeni kavramların doğuş süreci, yenilikçi atılımların da habercisi olarak yaratıcılığı somutlaştırır. Yaratıcılık, yenilikçiliği kökükler ve elle tutulur sonuçlarla entelektüel çabayı bünyesinde barındırır. Bireyleri yaratıcılık açısından farklı kılan, eleştirel düşünebilme, olaylar arasındaki bağlantıları ayırt edebilme, engelleri tahmin edebilme, çareler bulabilme ve bulguları kesin bir şekilde ifade edebilme konusundaki ustalıklarıdır. Özetle yaratıcılık, yeniliğin yapılabilmesi ve performansın artırılabilmesi için karmaşık ve rekabetçi ortamlardaki değişkenliğe uyum sağlayarak başarının elde edilebilmesinde önemli bir etkidir (Yıldırım, 2007; Kanbur ve Özyer, 2016).

Yenilik, yeni bir fikir veya ürünün özellikleriyle belirli bir bağlamda benimsenmesi veya uygulanması eylemi olarak ifade edilebilir (Tornatzky ve Klein, 1982) Diğer ifadeyle, yaratıcı zihinsel süreçten kaynaklanan somut bir çıktının çevreye uyarlanabilirliğidir. Yenilik hem bireysel hem örgütsel manada heyecan uyandırarak becerilerin geliştirilmesini ve bilgi alışverişini teşvik ederek bireysel ve kurumsal manada monotonluğu kırarak dinamizmin önünü açar. Ayrıca, özgünlüğü, kişisel gelişimi ve sürekli öğrenme yolculuğunu teşvik ederek organizasyonel ve kişisel büyümeye ivme sağlayabilmektedir (Avcı, 2009; Naktiyok ve Timuroğlu, 2010).

Yenilikçilik süreci, gelişmiş veya mevcut ürünlerin, süreçlerin veya hizmetlerin geliştirilmesini, ticarileştirilmesini ve pazarlanmasını kapsar. Yenilikçilik ifadesi de bu dönüştürücü çabanın hem sürecini hem de sonuçlarını kapsar (Yüce ve Samsa, 2017). Dolayısıyla inovasyon, yeni ürün veya hizmetlerin geliştirilmesi, yeni süreç teknolojilerinin benimsenmesi, yeni organizasyonel

yapıların veya idari sistemlerin uygulanması veya bir organizasyon içindeki üyeler tarafından tasarlanan yeni plan veya programların uygulamaya konulması gibi çeşitli süreçleri kapsayacak şekilde geniş bir biçimde tanımlanabilir (Vaughan, 2013).

Teknolojik yenilik de yetenek veya bilgidен kaynaklanan yeni fikirlerin başlangıcını, bunların somut ürünlere veya gerçeklere dönüştürülmesini ve daha sonra bunların yayılmasını, uygulanmasını ve pazarlanmasını gerektiren bir kavramdır. Bu bağlamda, teknolojik yenilik iki ana türe ayrılmaktadır: teknolojik ürün yeniliği ve teknolojik süreç yeniliği. Teknolojik ürün yeniliği, tüketiciler için yeni hizmetler sunmak veya mevcut ürün faydalarını maksimum kılmak adına ürünün ticari bir hal almasını içerir. Öte yandan hizmet yeniliği, üretim veya dağıtım süreçlerinin tamamen yenilenmesi veya mevcut süreçlerin önemli ölçüde iyileştirilmesiyle ilgilidir (Yüce ve Samsa, 2017). Burada, bireyin teknolojik yeniliğe eğilimi ise öncelikle çağdaş teknolojileri anlama ve uyum sağlama kapasitesinden, teknolojiden yararlanma eğiliminden ve teknolojiyle ilgili senaryolarda problem çözme becerisinden etkilenmektedir (Eren, 2010).

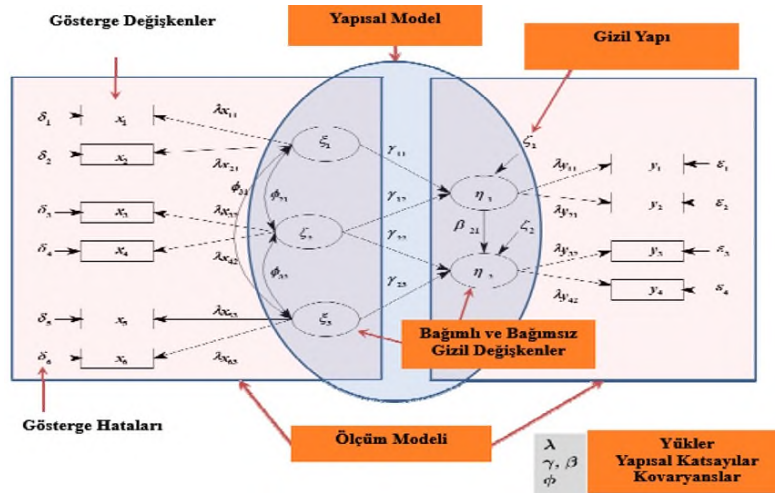
Girişimci, yenilikçi ürünler, süreçler, pazarlar, organizasyon yapıları veya tedarik kanalları şeklindeki çeşitli kombinasyonları bir araya getiren kişidir. Girişimci, içinde bulunulan duruma göre risk alabilen veya belirsizlikten kaçınma eğilimi de gösterebilen ancak sonuçta tercihlerin olumlu ya da olumsuz sonuçlanmasını göz ardı ederek böylece gidişatın seyrini değiştirebilecek inisiyatif de kullanabilen proaktif bir karar vericidir (Sandberg, 2002). Bu bağlamda girişimcilik de yeni yapılandırmaları hayata geçirme, çevresel faktörlerden kaynaklanan fırsatları algılama ve bu fırsatları ürün veya hizmet olarak uygulanabilir ekonomik tekliflere dönüştürme yolculuğunu içerir (Sharma ve Chrisman, 1999; Bozkurt, 2007).

Yapısal Eşitlik Modeli (YEM)

YEM, psikoloji, sosyoloji, pazarlama ve eğitim bilimleri gibi pek çok sahada, gizil ve gözlenen değişkenlere ilişkin nedenselliğin analizi ve hipotezlerin sınanması amacıyla kullanılan çok değişkenli bir regresyon modelidir. Klasik modelden farkı bir değişkenin hem bağımlı hem de bağımsız değişken olarak kullanılabilmesi olup, böylelikle değişkenler, doğrudan veya dolaylı olarak birbirlerini etkileyebilmektedir. Modelleme çoğunlukla motivasyon, tutum, saldırganlık, kişilik özellikleri ve kaygı gibi doğrudan ölçülemeyen değişkenlerin ilişki analizini ortaya koyabilmek için kullanılır (Raykov ve Marcoulides, 2006).

Teorilerin test edilmesinde ya da yeni alternatif modellerin geliştirilmesinde kullanılan YEM iki yapıdan oluşur. Bunlar: gizil değişkenlerle gözlenen değişkenlerin ilişkisini doğrulayıcı faktör analizi ile ortaya koyan ölçüm modeli; diğeri de gizil değişkenlerin doğrudan veya dolaylı ilişkilerini ifade eden yapısal modeldir (Kaplan, 1995). Tüm gizil değişken ilişkilerini içeren yapısal modeldir ve doğrudan ölçülemeyen yapılar arasındaki nedensel ilişkileri ifade eder. Böylece gizil değişkenler ölçülebilir (gösterge) değişkenlerle bağlantılı hale getirilmiş olur ve gizil değişkenler arasındaki ilişkilere yönelik hipotezlerin değerlendirilebilmesi mümkün olur (De Carvalho ve Chima, 2014). Burada, iki bağımsız gizil değişken ilişkisi kovaryansla; doğrudan etki, gizil ve ölçülen iki değişkenin ilişki katsayısıyla, dolaylı etki ise biri bağımlı diğeri bağımsız iki gizil değişken arasındaki ilişki katsayısı ile ifade edilir. Ayrıca, gizil değişkenler de içsel ve dışsal olarak ikiye ayrılır (Weston ve Gore, 2006).

Ölçüm modeli, gizil değişkenlerle gösterge (gözlenen) değişkenler arasındaki ilişkiler ifade eder ve modele doğrulayıcı faktör analizi yardımıyla dâhil edilir. Ölçüm modelini sınamak için doğrulayıcı faktör analizinden yararlanır. Hipotezler de gizil değişkenler (faktörler) arasındaki ilişkinin araştırılması için kurulur. Ayrıca, faktör analizinde bir gözlenen değişkenin sadece bir gizil değişkenin açıklayıcısı olabileceği de varsayılır (Weston ve Gore, 2006). Şekil 1’de bir yapısal eşitlik modeli örneği ve Tablo 1’de Şekil 1’deki simgelerin anlamları verilmiştir:



Şekil 1. Bir Yapısal Eşitlik Modeli Örneği (Dragan ve Topolšek, 2014)

Tablo 1. Örnek Yapısal Eşitlik Modelindeki Sembollerin Anlamı

Değişken/Katsayı	Anlamı
X_i	(ξ_i) 'lere ait Dışsal (Bağımsız) Gösterge (Gözlenen) Değişkenler
ξ_i	Dışsal (Bağımsız) Gizil Değişkenler
y_k	(η_k) 'lere ait İçsel (Bağımlı) Gösterge Değişkenler
η_k	İçsel (Bağımlı) Gizil Değişkenler
δ_i	X_i 'lere ilişkin hata terimleri
ϵ_k	y_k 'lara ilişkin hata terimleri
ζ_i	η_i 'lere ilişkin hatalar
Φ_{ij}	Gizil Değişkenler Arası Kovaryanslar
γ	Dışsal Gizil ile İçsel Gizil Değişkenler Arası Yapısal Yol (Regresyon) Katsayısı
β	İçsel Gizil ile İçsel Gizil Değişkenler Arası Yapısal Yol (Regresyon) Katsayısı
λ_x	Dışsal Gizil Değişkenlere İlişkin Faktör Yükleri
λ_y	İçsel Gizil Değişkenlere İlişkin Faktör Yükleri

YEM'in uygulama aşamaları şöyle özetlenebilir (Iriondo, Albert ve Escudero, 2003): Model Belirlenme: Literatürden hareketle değişkenler arasındaki ilişkilerin sözel hipotezler ve nedensel veya yol diyagramı şeklinde temsil edilen bir dizi denkleme çevrilmesinden oluşan modelin ortaya konulmasıdır.

Model Tanımlama: Tahmin edilecek parametre sayısı ve serbestlik derecesinden hareketle modelin parametrelerinin gözlemlenebilir varyans ve kovaryanslar kümesinden türetilip türetilmeyeceğini kontrol etmeyi içerir. Model parametreleri için tekil bir tahmin olursa, modelin tanımlanmış olduğu söylenir. Öte yandan, her bir gizil değişken için minimum üç gözlenen değişkenin olması ve tüm gözlenen değişkenlerin yalnızca bir gizil değişkenle nedensellik ilişkisinde olması gerekmektedir.

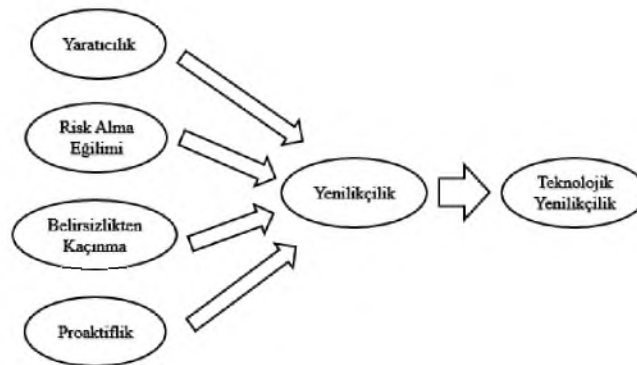
Model Tahmini: Öncelikle modelde tanımlanan tüm gözlemlenebilir değişkenlere ilişkin veriler, önerilen modelin test edileceği popülasyonlardan toplanmalı ve uygun sonuçlar için yeterli bir örnekleme stratejisi tasarlanarak veri seti için aykırı ve eksik değer gibi analizlerle normallik koşulu gibi varsayımların sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmelidir. Sonrasında da modelin belirlenme ve tanımlanma aşamalarının ardından parametrelerin tahmini sürecinde gözlenen değişkenlerin kovaryans matrisi ile modelin kovaryans matrisine eşitliği sorgulanarak model ile gözlenen veri uyumu araştırılabilir. Ağırlıklandırılmış veya Genelleştirilmiş En Küçük Kareler, En Çok Olabilirlik ve Robust Maksimum Benzerlik yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir.

Model Uyumu: Öngörülen ve örneklem model kovaryanslarının karşılaştırılması aracılığıyla modelin veri setine ne kadar iyi uyduğu analiz edilir. Ki-kare, GFI ve RMSEA gibi pek çok farklı uyum iyiliği ölçütü kullanılarak öngörülen modelin uygunluğu değerlendirilebilir (Schermelleh-Engel, Moosbrugger ve Müller, 2003). Bazı uyum iyiliği ölçütleri ve beklenen değerleri uygulama kısmında Tablo 4'te verilmiştir.

Model İyileştirme: Modifikasyon endeksleri aracılığıyla parametre eliminasyonu ve parametrelere yeni bağlantılar eklenmesi şeklinde de ifade edilebilecek modelden anlamlı olmayan ilişkilerin çıkarılması ve yeni ilişkilerin eklenmesi yoluyla ki-kare istatistiğinin düşürülmeye çalışıldığı ve böylece daha uygun bir modelin varlığının sorgulanması sürecidir.

Yöntem

Bu çalışmada, üniversite öğrencilerindeki potansiyel yenilikçi ve girişimci yapının genel olarak yenilikçi eğilim üzerine ve yenilikçi eğilimin de teknolojik yenilikçi eğilim üzerine olası etkilerini test etmek için bir yapısal eşitlik modeli kurgulanmıştır. Öğrencilerin yenilikçi yapıları onları bilginin üretiminde ve paylaşımında toplumda bir odak noktası haline getirmektedir. Geleceğin onların öncülüğünde şekil alacağı gerçeğinden hareket ederek modelde kullanılacak veriler de Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesindeki 836 öğrenciden anket çalışması aracılığıyla elde edilmiştir (İlğat, 2018) Gerek hipotezler ve model gerekse de modelde kullanılan verilerin temin edildiği anket şablonu (Bkz. Ek A) için bir tez çalışmasından yararlanılmıştır (Eren, 2010). Modelin tasarımı Şekil 2'de verilmiştir:

**Şekil 2.** Yenilikçilik Eğiliminin Teknolojik Yenilikçilik Eğilimine Etkileri Modeli

Literatür araştırması neticesinde kullanılacak araştırma modelinde, bağımsız değişkenler olarak bireylerin yaratıcılık, risk alma eğilimi, belirsizlik karşısında gösterilen tolerans ve proaktiflik özellikleri; bağımlı değişkenler olarak da bireylerin yenilikçilik ve teknolojik yenilikçilik özellikleri kullanılmıştır. Araştırma modelinde sınanacak hipotezler aşağıda verilmiştir. Araştırmada verilerinin değerlendirilmesi, ölçek güvenilirliği analizi, doğrulayıcı faktör analizi (DFA) ve YEM analizinde SPSS ve Lisrel programlarından yararlanılmıştır.

H1: Toplumdaki bireylerin yaratıcılık özellikleri arttıkça yenilikçilik eğilimleri de güçlenir.

H2: Toplumdaki bireylerin risk alma eğilimi arttıkça yenilikçilik eğilimleri de güçlenir.

H3: Toplumdaki bireylerin belirsizliğe karşı toleransı arttıkça yenilikçilik eğilimleri de güçlenir.

H4: Toplumdaki bireylerin proaktif özellikleri arttıkça yenilikçilik eğilimleri de güçlenir.

H5: Toplumdaki bireylerin yenilikçi eğilimleri arttıkça teknolojik yenilik eğilimleri de güçlenir.

Analiz ve Bulgular

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi öğrencilerine uygulanan ve EK A'da bir örneği bulunan ankete katılan öğrencilere ait demografik bilgiler özetle şöyledir:

- Öğrencilerin %63,8'i kadın ve %36,2'si ise erkektir.
- Öğrencilerin %35,9'u 18-20, %61,1'i 21-24 ve %3'ü ise 25 ve üzeri yaş grubundadır
- Öğrencilerin 24,04'ü İktisat, %22,13'ü Maliye, %17,82'si Siyaset Bilimi ve Uluslararası İlişkiler, %14,83'ü Kamu Yönetimi, %14,59'u İşletme ve %6,58'i ise Ekonometri Bölümü'nde eğitim görmektedir.
- Öğrencilerin %18,66'sı 1.sınıfta, %41,75'i 2.sınıfta, %16,03'ü 3.sınıfta ve %23,57'si ise son sınıftadır.

Ölçüm modeline ait güvenilirliğini analiz etmek için 6 faktöre/değişkene güven analizi uygulanmıştır. Modeldeki 6 faktöre ait 41 maddeye (soruya) ilişkin analizde güven katsayısı (Cronbach's Alpha- α) 0,933 şeklinde elde edilmiştir. Yanı sıra, belirsizlikten kaçınma faktörüne ait 6. soru (madde) çıkarılarak Cronbach's α genel değeri 0,95'e yükseltilmiştir. Sonuç olarak hem genel hem de faktörler bazında yüksek güvenilirlik ve maddelerden hareketle de faktörler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Tablo 2. Güvenirlik Analizi

Faktörler	Cronbach Alpha
TY: Teknolojik Yenilikçilik	0,843
YEN: Yenilikçilik	0,876
PR: Proaktiflik	0,826
YR: Yaratıcılık	0,843
BK: Belirsizlikten Kaçınma	0,747
RA: Risk Alma Davranışı	0,746

YEM analizine geçmeden önce değişkenlere ait verilerin normal dağılıp dağılmadığı sorgulanmalıdır. Bu amaçla Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri kullanılabilir (Alpar; 2013). Ancak bu testler çok değişkenli normal dağılımın test edilmesinde kullanılamaz. Bu doğrultuda Mardia çarpıklık ve basıklık testi kullanılması daha doğru bir yaklaşımdır (Satorra ve Bentler, 1988). Tek değişkenli normallik testi sonuçları Ek B'de ve çok değişkenli normallik testi sonucu Tablo 3'te verilmiştir. Sonuçlar, çok değişkenli normal varsayımının sağlanmadığını göstermiştir ($p < 0.05$). Bu çerçevede, örneklem büyüklüğü de 400'ün altında olduğundan normal dağılmayan veriler karşısında daha güçlü (robust) bir test olan Satorra-Bentler ölçekli kıkare tekniğinin kullanılması daha doğru bir alternatif olacaktır (Satorra ve Bentler, 1988).

Tablo 3. Mardia Çok Değişkenli Basıklık-Çarpıklık Katsayıları ve Normal Dağılım Testi

Değer	Basıklık		Çarpıklık			Basıklık-Çarpıklık	
	Z-Skor	p	Değer	Z-Skor	p	Ki-kare	p
2030.97	360.045	.000	236.894	95.912	.000	10498.44	.000

YEM'in oluşturulmasında kullanılan faktörler yani gizil değişkenler teknolojik yenilikçilik (TY), yenilikçilik (YEN), yaratıcılık (YR), risk alma davranışı (YR), proaktiflik (PR) ve belirsizlikten kaçınma (BK) olup; alt maddeler yani ankette ilgili faktör altında yer aldığı düşünülen sorular da gözlenen değişkenlerdir. Bu çerçevede, maddelerin (soruların) doğru faktörler (gizil değişkenler) altında yer alıp almadıklarını test edebilmek için DFA yapılmış ve sonuçlar Ek C'de verilmiştir. Buna göre, ölçekte öngörülen soruların (maddelerin) gizil değişkenleri (faktörleri) açıklamada başarılı oldukları, istatistiksel olarak anlamlı ($p < .001$) t değerleri, yüksek (> 0.70) cronbach alpha ve standart faktör yükü (> 0.30) değerlerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca, R2 değerlerinin yüksekliği hangi maddenin/sorunun ilgili gizil değişken/faktör üzerinde daha etkili olduğunu da göstermektedir. Tablo 4'te, modelin DFA'ya ait uyum değerleri verilmiştir.

DFA sonucunda uyum değerlerine ve modifikasyon önerilerine bakılarak modelin gerekli modifikasyonlar yapıldığında daha iyi sonuçlar vereceği görülmüştür. Bu çerçevede, BK1-BK2, YR4-YR5, YR8-YR9 ve PR1- PR2 maddeleri (soruları) arasında modifikasyonlar yapılmıştır (Bkz. Ek D). Bahsi geçen bu maddelere bakıldığında yakın anlama sahip olduklarından aynı gizil yapıyı temsil ettikleri anlaşılmaktadır. Yapılan modifikasyonların ardından modele tekrar DFA yapılmış ve ilgili uyum değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Buna göre, genel olarak modelin uyumunun kabul edilebilir çerçevede olduğu söylenebilir.

Tablo 4. Araştırma Modelinin Uyum Endeksleri-DFA 1-2

Uyum İndeksi	İyi Uyum	Kabul Edilebilir Uyum	Ölçeğin Uyum Değeri DFA1 -
X^2/sd (CMIN / df)	$2 \leq X^2/sd \leq 3$	$3 \leq X^2/sd \leq 5$	4.5931 - 3.7184
GFI	$.95 \leq GFI \leq 1$	$.85 \leq GFI \leq .95$	.82 - .85
AGFI	$.95 \leq AGFI \leq 1$	$.80 \leq AGFI \leq .95$	.80 - .83
CFI	$.95 \leq CFI \leq 1$	$.90 \leq CFI \leq .95$	.81 - .86
RMSEA	$.00 \leq RMSEA \leq .05$	$.05 \leq RMSEA \leq .08$	.069 - .059
RMR	0.06 - 0.08	0.08 - 0.10	.063 - .058
NNFI	$.95 \leq NNFI \leq 1$	$.80 \leq NNFI \leq .95$	.80 - .85

Ölçüm modeli netleştikten sonra YEM analizine geçilmiştir. Modelde, Teknolojik Yenilikçilik (TY) içsel gizil değişken, Yenilikçilik değişkeni ise hem dışsal hem de içsel gizil değişkendir. Proaktiflik, Belirsizlikten Kaçınma, Yaratıcılık ve Risk Alma Davranışı değişkenleri ise dışsal gizil değişkenlerdir. YEM analizinde çok değişkenli normallik varsayımı sağlanmadığı için Robust Satorra & Bentler yöntemi tercih edilmiştir. Yapısal eşitlik modeline ilişkin ölçüm modeli sonuçları Ek E'de ve yapısal ilişkiler ise Ek F'de detaylı olarak verilmiş olup, yapısal ilişkileri gösteren sonuçlar Tablo 5'te özet olarak verilmiştir. Buna göre, gizil değişken olan Risk Alma Davranışı'nın yine gizil değişken olan Yenilikçilik üstünde anlamsız bir etkiye sahiptir, buna karşın diğer değişkenler arası ilişkiler istatistiksel şekilde anlamlı ve bekleyişle uyumlu olarak pozitif çıkmıştır ($p < 0,001$).

Tablo 5. Yapısal Eşitlik Modeli

Yapısal İlişkiler	Standartlaştırılmış Yükler	t
Yenilikçilik - Teknolojik Yenilikçilik	.49	8.29
Yenilikçilik - Risk Alma Davranışı	.11	0.92
Yenilikçilik - Yaratıcılık	.62	6.53
Yenilikçilik - Proaktiflik	.47	4.58
Yenilikçilik - Belirsizlikten Kaçınma	.37	4.06

Tablo 6'da yapısal eşitlik modelinin uyum iyiliği değerleri verilmiştir. Buna göre, CFI hariç diğer tüm değerler kabul edilebilir düzeydedir. Sonuç olarak, araştırma hipotezlerinden biri dışında hepsi kurulan modelce desteklenmiştir.

Tablo 6. Yapısal Eşitlik Modeli Uyum Endeksleri

Uyum İndeksi	İyi Uyum	Kabul Edilebilir Uyum	Ölçeğin Uyum Değeri
X^2/sd (CMIN / df)	$2 \leq X^2/sd \leq 3$	$3 \leq X^2/sd \leq 5$	3.3448
GFI	$.95 \leq GFI \leq 1$	$.85 \leq GFI \leq .95$	.85
AGFI	$.95 \leq AGFI \leq 1$	$.80 \leq AGFI \leq .95$	.83
CFI	$.95 \leq CFI \leq 1$	$.90 \leq CFI \leq .95$	.85
RMSEA	$.00 \leq RMSEA \leq .05$	$.05 \leq RMSEA \leq .08$	.059
RMR	0.06 - 0.08	0.08 - 0.10	.072
NNFI	$.95 \leq NNFI \leq 1$	$.80 \leq NNFI \leq .95$	.83

Tablo 7. YEM Hipotez Sonuçları

H1: Bireylerin yaratıcılık özellikleri arttıkça yenilikçilik eğilimleri de güçlenir	Desteklendi
H2: Bireylerin risk alma eğilimi arttıkça yenilikçilik eğilimleri de güçlenir.	Desteklenmedi
H3: Bireylerin belirsizliğe karşı toleransı arttıkça yenilikçilik eğilimleri de güçlenir.	Desteklendi
H4: Bireylerin proaktif özellikleri arttıkça yenilikçilik eğilimleri de güçlenir.	Desteklendi
H5: Bireylerin yenilikçi eğilimleri arttıkça teknolojik yenilik eğilimleri de güçlenir.	Desteklendi

Sonuç

Günümüzde artan rekabet nedeniyle girişimcilik ve yenilikçilik, ekonomik kalkınma ile bilim ve teknolojinin ilerlemesi için hayati öneme sahiptir. Yaratıcılık, yenilikçilik ve girişimcilik gibi bireysel özelliklerin yanı sıra risk alma, proaktiflik ve belirsizlikten kaçınma gibi girişimcilik özellikleri teknolojik yeniliği yönlendirmede önemli bir rol oynamaktadır.

Girişimciliğin yenilikçilik yoluyla ekonomik ve bilimsel alanlarda topluma katkı sağlamasında, sanayi işletmeleri, bilim ve

teknoloji merkezleri ile üniversitelerin büyük sorumlulukları vardır. Bu analizde üniversite lisans öğrencilerinin seçilme nedeni, üniversitelerin ilerici bir kimliğe sahip olması ve öğrencilerin yenilikçi fikirler geliştirerek ülkenin ekonomik ve teknolojik ilerlemesine önemli katkılarda bulunma potansiyeline sahip olmalarıdır.

Endüstriyel topluluklar, işletmeler, bilim ve teknoloji merkezleri ile üniversiteler, toplumun ekonomik ve bilimsel alanlarında girişimciliği ve yenilikçiliği teşvik etme konusunda önemli bir sorumluluğa sahiptir. Çalışmada anket sorularının üniversite öğrencilerine yöneltilme nedeni, aktif olarak yeni fikirler üretecekleri ve hem toplumun hem de ülkenin ekonomik ve teknolojik ilerlemesine önemli ölçüde katkıda bulunacakları inancı ve üniversitelerin toplumda öncü bir rol üstlendiği düşüncesidir. Bu amaç doğrultusunda da Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'nde öğrenim gören seçili öğrenciler üzerinden yenilikçilik kapasitesinin teknolojik yenilikçilik eğilimine olası etkisini test etmek amacıyla bir yapısal eşitlik modellemesinden faydalanılmıştır.

Yenilikçilik ve teknolojik yenilikçilik eğiliminin ölçülmesi amacıyla kullanılan ölçekte, risk alma, proaktiflik, belirsizlikten kaçınma, yaratıcılık, yenilikçilik ve teknolojik yenilikçilik faktörleri kullanılmıştır. Ölçüm modelinin düzeltme sonrası genel güvenilirliği (Cronbach's $\alpha = 0.95$) ve yukarıda verilen sırayla faktörlerin tekil güvenilirlikleri (0.746, 0.826, 0.747, 0.843, 0.876, 0.843) yeterli düzeydedir.

Çalışmada kullanılan veri seti için çok değişkenli normallik varsayımı sağlanmadığı için robust bir yöntem olarak Satorra & Bentler tahmin tekniği kullanılmıştır. Faktörlere ilişkin soruların (maddelerin) temsil gücünün değerlendirilmesinde doğrulayıcı faktör analizinden yararlanılmış ve gerekli modifikasyonlar yapılarak yapısal eşitlik modeli elde edilmiştir. İlgili modifikasyonlar sonrası elde edilen uyum iyiliği ölçütleri ışığında genel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bir model elde edilmiş olup, χ^2/sd (3.35), GFI (0.85) ve RMSEA (0.59) gibi uyum iyiliği değerleri de kabul edilebilir düzeyde çıkmıştır.

Analiz sonucunda risk alma eğilimi ile yenilikçilik eğilimi arasındaki ilişkiyi öne süren hipotez dışındakiler doğrulanmıştır. Öğrenciler için yenilikçilik eğiliminde en önemli faktör yaratıcılık ve en az önemli olan da risk alma eğilimi olarak görülmüştür.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda yenilikçilik ve teknolojik yenilikçilik çerçevesinde üniversite öğrencileri açısından yaratıcılık faktörünün başta gelmesin altında, sürekli değişimin ve sert rekabetin hâkim olduğu günümüz dünyasında karşılaşılan çok çeşitli problemlerle farklı, yeni, alternatif yaklaşımlarla baş edilebileceği düşüncesi yatıyor olabilir. Risk alma eğilimindeki bir artışın yenilikçilik eğiliminde bir artışa neden olacağı iddiasının doğrulanamamasında ise, genç girişimci adayların sosyo-ekonomik risk ve belirsizlik ile mevcut olan iş imkânları ve kariyeri kaybetme algısı etkili olmuş olabilir.

Bu çerçevede, yenilik olgusu türevleriyle birlikte çok küçük yaşlardan itibaren ulusal bir eğitim politikası haline getirilerek seviyelerine göre öğrencileri teşvik edebilecek yerel ve genel müsabakalar düzenlenebilir. Ayrıca uzun süreli tatillerde öğrencilerin teknopark, araştırma merkezi ve üniversite kampüsleri gibi nitelikli sahalara yönlendirilerek bilimsel araştırmanın temel prensiplerinin öğretilmesiyle ilgilerini cezbedici, mevcut yeteneklerini geliştirici ve vizyon sahibi olmalarına ön ayak olucu etkinlikler yapılabilir. Ayrıca mevcut yüksek öğretim öğrencilerinin sahip oldukları teorik bilgileri pratiğe dönüştürebilecekleri kulüp, dernek, vakıf ve benzeri sivil toplum kuruluşları ile üniversitelerdeki her türlü sosyal ve bilimsel aktiviteye katılımlarını teşvik edecek planlamalar devreye sokulabilir. Son olarak, günümüzde yüksek öğrenim ders müfredatlarında da yerini almaya başlamış olan girişimcilik dersinin içerik ve işleniş biçimi, not kaygısından bağımsız ve mümkün olduğunca uygulamalı bir şekilde öğrencilerle işlenebilecek şekilde planlanmalıdır.

Etik Kurul Onayı: Anket çalışması, 2020 yılı öncesinde yapıldığı için etik kurul izni bulunmamaktadır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

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

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

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

Ethics Commite Approval: Since the survey was conducted before 2020, there was no ethics committee approval.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

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

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:

Ebru Ilgat 0009-0001-3436-0376
Noyan Aydın 0000-0003-1711-6125

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Alpar, C.R., 2013. Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemler. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Avcı, U. (2009). Öğrenme yönelimliliğın yenilik performansı üzerine etkisi: Muğla mermer sektöründe bir inceleme. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 5(10), 121-138.
- Bozkurt, Ö. (2007). Girişimcilik eğiliminde kişilik özelliklerinin önemi. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 1(2), 93-111.
- De Carvalho, J. & Chima, F.O. (2014). Applications of structural equation modeling in social sciences research. *American International Journal of Contemporary Research*, 4(1), 6-11.
- Dragan, D. & Topolšek, D. (2014, June). Introduction to structural equation modeling: review, methodology and practical applications. In the International Conference on Logistics & Sustainable Transport, Vol 6, 19-21).
- Er, P. H. (2013). Girişimcilik ve yenilikçilik kavramlarının iktisadi düşüncedeki yeri: Joseph A. Schumpeter. *Journal of Management and Economics Research*, 14(2), 75-85.
- Ilgat, E. (2018). Üniversite öğrencilerinin yenilikçilik kapasitelerinin teknolojik yenilikçilik eğilimlerine etkisini ölçmeye yönelik bir model önerisi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Iriondo, J.M., Albert, M.J. & Escudero, A. (2003). Structural equation modelling: An alternative for assessing causal relationships in threatened plant populations. *Biological Conservation*, 113(3), 367-377.
- Kanbur, E. ve Özyer, K. (2016). Çalışanların bireysel yaratıcılık düzeylerinin iç girişimcilik performanslarına etkisi. *Journal of Management and Economics Research*, 14(2), 264-275.
- Kaplan, D. (1995). Statistical power in structural equation modeling. In R. H. Hoyle (Ed.), *Structural equation modeling: Concepts, issues, and applications* (pp. 100-117). Sage Publications, Inc.
- Karadal, H. ve Saygın, M. (2016). İnovasyon yetenekleri ile girişimci kişilik özellikleri arasındaki ilişki üzerine ampirik bir araştırma. *Eurasian Academy of Sciences Eurasian Business & Economics Journal*, 1, 282-294.
- Naktiyok, A. ve Timuroğlu, M. K. (2010). Öğrencilerin motivasyonel değerlerinin girişimcilik niyetleri üzerine etkisi ve bir uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(3), 85-103.
- Oğuz ve Prystrom (2015). Dünyadaki en yenilikçi ve rekabetçi ekonomiler örneğinde yenilikçiliğın ve rekabetçiliğın belirleyicisi olarak beşerî sermayenin kalitesi. Uluslararası arenada Türk ekonomisinin yeri. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(4), 31-42.
- Raykov, T. & Marcoulides, G.A. (2006). *A first course in structural equation modeling* (2nd ed.). New York, Routledge.
- Sandberg, B. (2002). Creating the market for disruptive innovation: Market proactiveness at the launch stage. *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing*, 11(2), 184-196.
- Satorra, R. ve Bentler, P.M. (1988). Scaling corrections for chi-square statistics in covariance structure analysis. *American Statistical Association 1988 Proceedings of the business and economics sections* (pp. 308-313). Alexandria, VA: American Statistical Association.
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H. & Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of Psychological Research*, 8(2), 23-74.
- Sharma, P. & Chrisman, J.J. (1999). Toward a reconciliation of the definitional issues in the field of corporate entrepreneurship. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 23(3), 11-28.
- Tornatzky L.G. & Klein K.J. (1982). Innovation characteristics and innovation adoption-implementation: A meta-analysis of findings. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 29(1), 28-45.
- Vaughan, J. (2013). Defining technological innovation. *Library Technology Reports*, 49(7), 10-46.
- Weston, R. & Gore, P. A. (2006). A brief guide to structural equation modeling. *The Counseling Psychologist*, 34(5), 719-751.
- Yıldırım, E. (2007). Bilgi çağında yaratıcılığın ve yaratıcılığın yönetmenin önemi. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2007(1), 109-120.
- Yüce, A. ve Samsa, Ç. (2017). Sosyal ve teknolojik yenilikçilik eğilimlerinin kişisel satın alma eğilimi üzerine etkisi: Kafkas üniversitesi öğrencileri üzerine uygulama. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(4), 67-74.

Atıf Biçimi / How cite this article

Ilgat, E., & Aydın, N. (2024). A model proposal to measure the effect of university students' innovation capacity on their technological innovation tendencies. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 41, 82-96. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.41.1497279>

EKLER

Ek A

Yaşınız :	Cinsiyetiniz: a) Bayan b) Erkek
Ailenizin yaşadığı şehir	
Bölümünüz (İktisat, İşletme, Ekonometri, Maliye, Kamu Yönetimi)	

Soruları değerlendirirken aşağıdaki ölçeği kullanın ve durumunuzu düşünerek, katıldığınız yargıyı lütfen (X) işaretiyle belirtiniz.

Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum		
1	2	3	4	5		
TEKNOLOJİK YENİLİKÇİLİK						
T1	Teknolojik gelişme ve yenilikleri takip eder ve kullanırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T2	Eksikliğini hissettiğim bir konuya teknolojik bir çözüm bulmaya uğraşırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T3	"Şöyle bir sistem olsa iyi olur" diye aklımdan geçirdiğim teknolojik çözümlerim var olup olmadığını internet, kütüphane vb. kaynaklardan araştırırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T4	Yapılabilirliğini görmek için yazılım veya donanım teknolojileri kullanarak aklıma gelen çözümleri gerçekleştirmeye çalışırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T5	Sorun yaşanan bir konuya çözüm bulmak için teknik altyapımı nasıl kullanacağımı düşünürüm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T6	Düşüncelerimle ürettiğim çözümleri rahatlıkla bir projeye dönüştürebilirim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T7	Bu düşünceleri paylaştığım çevremdeki insanlardan olumlu yönde tepkiler alırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T8	Tasarıma ilgi duyarım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T9	Beğendiğim bir teknolojik çözümün nasıl yapıldığıyla ilgili fikirler oluşturabilirim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RİSK ALMA DAVRANIŞI						
R1	Görevin başarısına inanırsam her türlü riski üstlenebilirim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R2	Başarı olasılığı %40 ve daha düşük olan durumlarda risk alırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R3	Başka biri için çalışacağıma, kendi işimi kurmayı yeğlerim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R4	Ne gibi bir tepki ortaya çıkacağından emin olmasam da yeni fikirler teklif etmeyi severim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R5	Riskleri tekrar almaya eğilimliyimdir çünkü fırsatlarımı arttırmak isterim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
YARATICILIK						
C1	Yeni teknolojiler, süreçler, teknikler veya ürün fikirleri araştırırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C2	Hakkında çok şey bilmediğim alanlara doğru yönlendiren problemlerini peşine düşerim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C3	O an için gerekli olmasa dahi yeni yaklaşımlar ararım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C4	Bebeklerle alakasız fikirler arasında ilişki kurmaya çalışırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C5	Tamamen farklı alanlar arasında ilişkiler bulmak için zaman harcarım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C6	Topladığım eski parçalardan yeni bir şeyler yaparım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C7	Resim ve videolar tasarlamak için Photoshop gibi çeşitli yazılımlar kullanırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C8	Basit bileşenler kullanarak kullanışlı ve orijinal şeyler yaparım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C9	Bir şeyi kullanışlı hale getirmek için işe yaramaz birçok şeyi kullanırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
YENİLİKÇİLİK						
I1	Yenilikçi fikirlerimin kabul görmesine çalışırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I2	Yeni çalışma yöntem, araç ve teknikleri ararım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I3	Yenilikçi fikirler için destek ararım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I4	Yenilikçi fikirlerimi uygulamalarıma dikkatlice değerlendiririm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I5	Orijinal düşünce gerektiren bir işi tercih ederim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I6	Aynı şeyi birçok değişik yoldan yapmayı denemeyi severim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PROAKTİFLİK						
P1	Başarı ihtimali ne olursa olsun, eğer bir şeye inanırsam onu yaparım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2	Başkaları karşı çıksa dahi fikirlerimi savunurum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P3	Fırsatları yakalamakta iyiyimdir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P4	İstedğim bir şeyi yapmak için sürekli daha iyi yollar ararım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P5	Eğer bir fikre inanırsam, hiçbir şey benim o fikri gerçekleştirmemi engelleyemez.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P6	Statükoya meydan okumak hoşuma gider.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
BELİRSİZLİKTEN KAÇINMA						
U1	Belirsiz durumlarda karar almaktan hoşlanırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
U2	Belirsizlik koşullarında rahatlıkla bağımsız olarak çalışabilirim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
U3	İşimle ilgili tehdit ve tehlikelere karşı tedbirliyimdir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
U4	Mümkün olduğunca sürprizlere yer bırakmamaya çalışırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
U5	Beklenmeyen durumlar karşısında mücadele vermekten çekinmem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
U6	Belirsizliği, yaşamımın bir parçası olarak kabul ederim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ek 1. Anket Formu

Ek B

Ek 2. Normal Dağılım Testi (Tek Değişkenli)

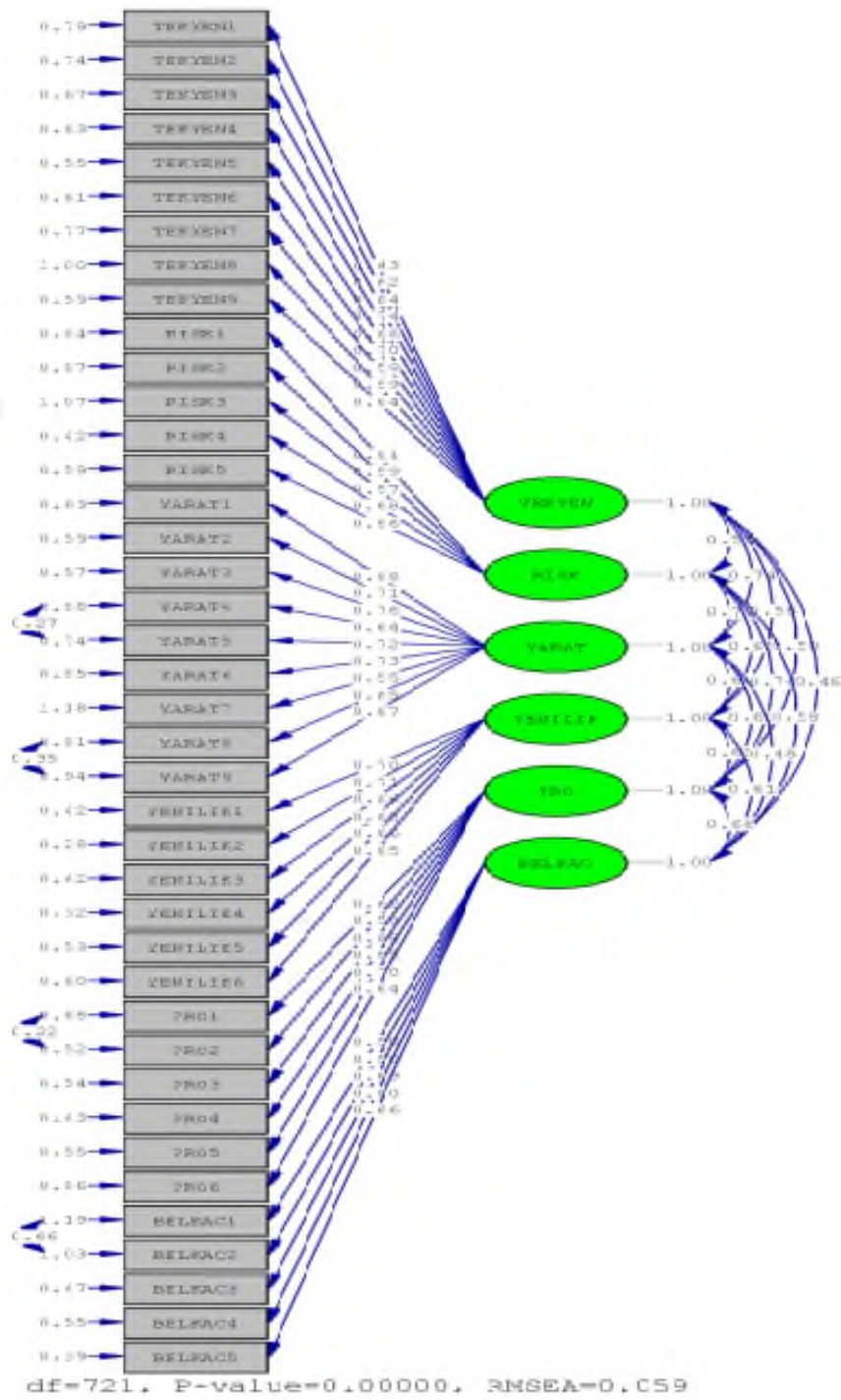
Değişken	Çarpıklık		Basıklık		Çarpıklık ve Basıklık	
	Z-Skor	p	Z-Skor	p	Ki-kare	p
TY1	-12.351	.000	4.117	.000	169.506	.000
TY2	-5.704	.000	-1.943	.052	36.307	.000
TY3	-6.729	.000	-1.254	.210	46.855	.000
TY4	-3.916	.000	-3.870	.000	30.310	.000
TY5	-6.837	.000	0.083	.933	46.755	.000
TY6	-2.679	.000	-3.187	.001	17.330	.000
TY7	-5.127	.007	-2.395	.017	32.019	.000
TY8	-8.122	.000	-1.751	.080	69.041	.000
TY9	-7.908	.000	1.090	.276	63.731	.000
RA1	-12.317	.000	2.456	.014	157.741	.000
RA2	-2.082	.037	-4.594	.000	25.442	.000
RA3	-8.019	.000	-2.768	.006	71.968	.000
RA4	-9.984	.000	3.289	.001	108.506	.000
RA5	-6.998	.000	-2.800	.005	56.816	.000
YR1	-7.492	.000	-4.676	.747	56.234	.000
YR2	-5.171	.000	-2.725	.006	34.164	.000
YR3	-4.705	.000	-3.099	.002	31.740	.000
YR4	-5.207	.000	-5.536	.000	57.763	.000
YR5	-2.803	.005	-6.322	.000	47.822	.000
YR6	-4.676	.000	-7.064	.000	71.762	.000
YR7	-6.934	.000	-4.947	.000	72.554	.000
YR8	-6.084	.000	-3.744	.000	51.028	.000
YR9	-6.428	.000	-4.817	.000	64.522	.000
YEN1	-8.869	.000	1.744	.081	81.702	.000
YEN2	-8.995	.000	2.676	.007	88.073	.000
YEN3	-8.906	.000	1.815	.069	82.608	.000
YEN4	-9.406	.000	3.267	.001	99.138	.000
YEN5	-10.489	.000	2.594	.009	116.760	.000
YEN6	-10.143	.000	1.638	.101	105.562	.000
PRO1	-13.146	.000	3.191	.001	182.999	.000
PRO2	-15.880	.000	6.620	.000	295.883	.000
PRO3	-6.532	.000	0.041	.967	42.663	.000
PRO4	-10.907	.000	3.329	.001	130.043	.000
PRO5	-11.605	.000	2.932	.003	143.882	.000
PRO6	-6.881	.000	-2.232	.026	52.331	.000
BK1	-4.052	.000	-6.973	.000	65.046	.000
BK2	-5.245	.000	-3.707	.000	41.248	.000
BK3	-8.017	.000	0.906	.365	65.095	.000
BK4	-10.744	.000	3.684	.000	128.995	.000
BK5	-10.709	.000	3.578	.000	127.487	.000

Ek C

Ek 3. DFA Sonuçları

Faktörler/Sorular	Chronbach Alpha	Standartlaştırılmış Yükler	t	R ²
TY: Teknolojik Yenilikçilik	.843			
TY1		.43	9.84	.35
TY2		.62	11.03	.35
TY3		.63	9.30	.37
TY4		.74	9.10	.47
TY5		.66	9.35	.45
TY6		.69	9.05	.44
TY7		.59	8.74	.31
TY8		.59	8.91	.26
TY9		.63	9.68	.40
YEN: Yenilikçilik	.876			
YEN1		.69	9.68	.52
YEN2		.70	24.23	.63
YEN3		.66	19.72	.50
YEN4		.67	19.62	.58
YEN5		.66	17.94	.45
YEN6		.65	17.17	.41
YR: Yaratıcılık	.843			
YR1		.64	16.20	.37
YR2		.69	20.81	.44
YR3		.75	22.82	.49
YR4		.67	17.63	.35
YR5		.78	22.66	.45
YR6		.74	20.08	.40
YR7		.57	13.01	.22
YR8		.69	19.35	.39
YR9		.73	18.73	.38
RA: Risk Alma	.746			
RA1		.62	12.78	.31
RA2		.59	14.71	.29
RA3		.58	12.06	.24
RA4		.68	18.95	.52
RA5		.86	25.54	.56
PR: Proaktiflik	.826			
PR1		.68	16.50	.44
PR2		.64	16.46	.47
PR3		.67	18.62	.44
PR4		.63	17.20	.47
PR5		.69	19.26	.46
PR6		.62	15.13	.31
BK: Belirsizlikten Kaçınma	.747			
BK1		.63	14.66	.28
BK2		.62	14.81	.30
BK3		.69	18.76	.50
BK4		.59	15.73	.38
BK5		.62	17.02	.46

Ek D



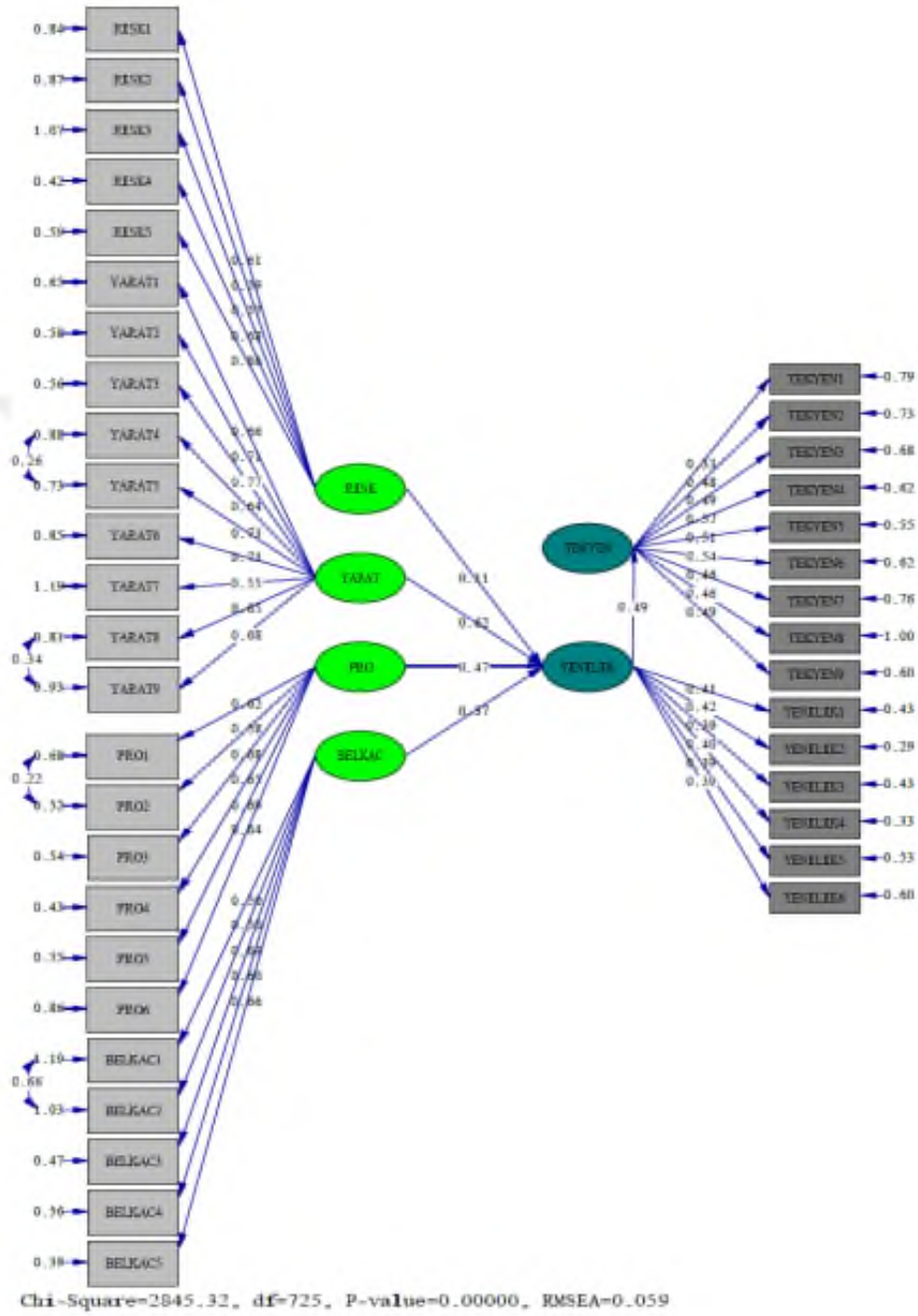
Ek 4. Araştırma Modeli DFA 2

Ek E

Ek 5. Ölçüm Modeli Sonuçları

Faktörler/Sorular	Chronbach Alpha	Standartlaştırılmış Yükler	t	R²
TY: Teknolojik Yenilikçilik	.843			
TY1		.43	9.84	.35
TY2		.62	11.03	.35
TY3		.63	9.30	.37
TY4		.74	9.10	.47
TY5		.66	9.35	.45
TY6		.69	9.05	.44
TY7		.59	8.74	.31
TY8		.59	8.91	.26
TY9		.63	9.68	.40
YEN: Yenilikçilik	.876			
YEN1		.69	9.68	.52
YEN2		.70	24.23	.63
YEN3		.66	19.72	.50
YEN4		.67	19.62	.58
YEN5		.66	17.94	.45
YEN6		.65	17.17	.41
YR: Yaratıcılık	.843			
YR1		.64	16.20	.37
YR2		.69	20.81	.44
YR3		.75	22.82	.49
YR4		.67	17.63	.35
YR5		.78	22.66	.45
YR6		.74	20.08	.40
YR7		.57	13.01	.22
YR8		.69	19.35	.39
YR9		.73	18.73	.38
RA: Risk Alma	.746			
RA1		.62	12.78	.31
RA2		.59	14.71	.29
RA3		.58	12.06	.24
RA4		.68	18.95	.52
RA5		.86	25.54	.56
PR: Proaktiflik	.826			
PR1		.68	16.50	.44
PR2		.64	16.46	.47
PR3		.67	18.62	.44
PR4		.63	17.20	.47
PR5		.69	19.26	.46
PR6		.62	15.13	.31
BK: Belirsizlikten Kaçınma	.747			
BK1		.63	14.66	.28
BK2		.62	14.81	.30
BK3		.69	18.76	.50
BK4		.59	15.73	.38
BK5		.62	17.02	.46

Ek F



Ek 6. Yapısal Eşitlik Modeli Sonuçları

Finansal Hizmetler Güven Endeksi ile Borsa Getirileri arasındaki ilişki: Toda-Yamamoto ve Asimetrik Nedensellik Analizi

Relationship between Financial Services Confidence Index and Stock Market Returns: Toda-Yamamoto and Asymmetric Causality Analysis

Yunus Emre Turan¹ , Dinara Zubaidullina² 

¹(Dr. Arş. Gör.), Sakarya Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Sakarya, Türkiye

²(Dr. Öğr. Üyesi), Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi Uluslararası Ticaret ve Finansman Bölümü, Sakarya, Türkiye

ÖZ

Finansal piyasaların dinamiklerini şekillendirmede beklentilerin yönetilmesi önemli bir husustur. Bu nedenle, iktisadi ajanların beklentilerini yansıtan güven endekslerindeki değişimler ekonomistler tarafından dikkatle takip edilmektedir. Bu çalışmada Türkiye’de Haziran 2012-Mayıs 2024 dönemi için finansal hizmetler güven endeksi ve borsa endeks getirileri arasındaki sektörel bazlı ilişkiler açıklanmaktadır. Çalışmada nedensellik sonuçlarının üzerinde karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla değişkenler arasındaki ilişki Toda-Yamamoto (1995) ve Hatemi-J (2012) nedensellik testleri kullanılarak incelenmiştir. Toda-Yamamoto(1995) nedensellik testi sonuçlarına göre finansal güven endeksi ile Borsa İstanbul (BİST) sektör endeksleri getirileri arasında bir nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilememiştir. Bununla birlikte, değişkenler arasında asimetrik bir nedensellik ilişkisi saptanmıştır. Böylelikle, Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testinin tespit edemediği saklı ilişkilerin asimetrik nedensellik testi yardımıyla ortaya çıkarıldığı görülmektedir. Asimetrik nedensellik testi sonuçlarına göre, negatif şoklar için finansal hizmetler güven endeksinden BİST Mali endeks getirilerine doğru nedensellik bulunmaktadır. BİST Elektrik endeksi ve BİST Finansal Kiralama Faktöring endeksi getirilerindeki hem pozitif hem de negatif şoklardan finansal hizmetler güven endeksine doğru bir nedensellik ilişkisi bulgusuna ulaşılmıştır. BİST Bilişim endeksi ve BİST Teknoloji endeksi getirilerinden finansal hizmetler güven endeksine doğru bir nedensellik pozitif bileşenlerde tespit edilmiştir. BİST Hizmetler endeksi ve BİST Sınai Endeksi getirilerinden finansal hizmetler güven endeksine doğru bir nedensellik ilişkisi de negatif şoklar arasında tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında, finansal hizmetler güven endeksinin finansal piyasalardaki değişimler açısından dikkate alınması gereken bir değişken olduğunu ifade etmek mümkündür.

ABSTRACT

The management of expectations is a critical factor in shaping the dynamics of financial markets. Therefore, changes in confidence indices, which reflect the expectations of economic agents, are closely monitored by economists. This study examines the sectoral relationships between the Financial Services Confidence Index and stock market returns in Turkey for the period from June 2012 to May 2024. To compare the causality results, the relationships between the variables were analysed using the Toda-Yamamoto (1995) and Hatemi-J (2012) causality tests. According to the results of the Toda-Yamamoto (1995) causality test, no causality relationship was found between the Financial Services Confidence Index and the Borsa Istanbul (BIST) sector index returns. However, an asymmetric causality relationship was identified between the variables. Thus, it is observed that hidden relationships, which could not be detected by the Toda-Yamamoto (1995) causality test, were revealed through the asymmetric causality test. According to the results of the asymmetric causality test, a causality relationship from the Financial Services Confidence Index to the BIST Financial index returns was found for negative shocks. There is a causality relationship from the BIST Electricity index and the BIST Financial Leasing and Factoring index returns to the Financial Services Confidence Index in both positive and negative shocks. A causality relationship from the BIST Information Technology index and the BIST Technology index returns to the Financial Services Confidence Index was found in positive components. A causality relationship from the BIST Services index and BIST Industrial index returns to the Financial Services Confidence Index was also found among the negative shocks. Considering the results obtained from the study, it can be stated that the Financial Services Confidence Index is a variable that should be considered in terms of changes in financial markets.

Corresponding Author: Yunus Emre Turan E-mail: emreturan@sakarya.edu.tr

Submitted: 27.08.2024 • Revision Requested: 21.10.2024 • Last Revision Received: 30.10.2024 • Accepted: 04.11.2024



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

Anahtar Kelimeler: Finansal Hizmetler Güven Endeksi, Sektör Endeksleri, Toda- Yamamoto Nedensellik Testi, Hatemi-J Asimetrik Nedensellik Testi

Keywords: Financial Services Confidence Index, Sector Indices, Toda-Yamamoto (1995) causality test, Asymmetric causality test

EXTENDED SUMMARY

Classical finance theories assume that investors are rational and that they consider all information in the market during the decision-making process. The number of studies that include and try to develop behavioural aspects that are often neglected in classical theoretical models is increasing in the literature. The increasing interest in the non-classical approach stems from the need to explain phenomena that are regularly observed in financial markets and that do not comply with the predictions of classical models (Yoshinaga and Castro Junior, 2012).

De Long et al. (1990) divided investors into two categories, considering the effect of financial market sentiment: rational investors and rumour merchants. In the model, investors in both categories determine the prices of assets and their expected returns. The possibility of rational investors profiting from mispricing is limited due to various reasons such as short investment horizon, transaction costs, and risks. These reasons allow prices to deviate from their fundamental values. Sentiment in the context of investment may indicate overly optimistic or pessimistic cash flow estimates or changes in risk tolerance (Edelen et al., 2010). As a result of this situation, the relationship between the net present value of the discounted cash flows of the asset and the asset price may occur differently. Here, investors' emotional reactions may have an effect.

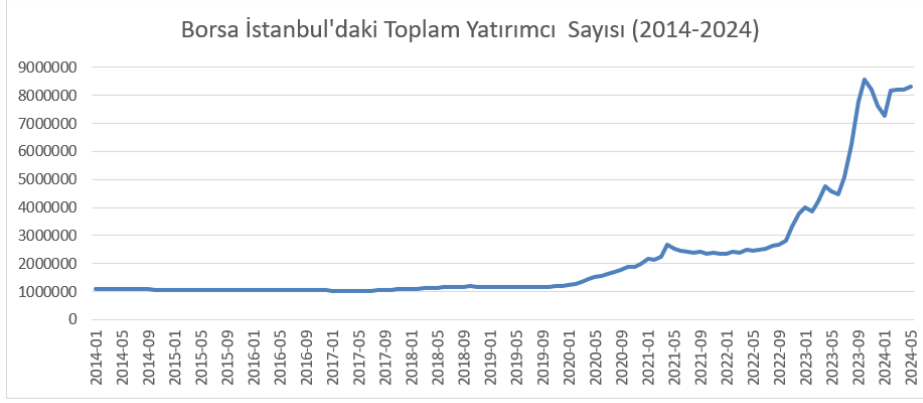
The link between investor sentiment and stock returns has been examined in many studies. Chowdhury et al. (2024) found a positive effect of investor sentiment on stock returns in the S&P 500 index. Schmeling (2009) found a negative relationship between investor sentiment and stock returns. It is observed that there is a separation in the variables selected as sentiment proxies in the studies conducted in the literature. The variables used in previous studies: confidence indices obtained from investor surveys (Usul et al., 2017; Kandır, 2006); investor mood (Kostopoulos and Meyer, 2018); implied volatility of the option contract (Qadan et al., 2019); closed-end investment fund discount (Keleş and Arat, 2019); investment fund flows (Ben-Rephael et al., 2012); transaction volume or transaction amount (Ding et al., 2014) and the composite sentiment index combining these proxies (Baker and Wurgler, 2006).

The Central Bank of the Republic of Turkey (CBRT) calculates the Financial Services Confidence Index (FSCI) to reveal the assessments and expectations regarding the business situations and demand for services in the financial services sector. A financial service survey was conducted to calculate the FSCI. With the monthly financial services survey, the recent past assessments and future expectations of financial institution managers regarding their business situations are obtained and trends in the financial services sector are determined. The FSCI index calculated from the survey results is calculated as a function of the answers to the questions about the business status of financial institutions, the demand for services in the last three months, and the demand for services in the next three months (TCMB, 2024).

The expectations of economic agents affect macroeconomic and financial indicators. Therefore, examining the effect of confidence indices reflecting expectations on the stock market is an important issue. This study aims to empirically analyse the causality relationship between the financial confidence index and stock returns in Turkey in the period 2012:06-2024:05. In addition to the Toda-Yamamoto causality test, the Hatemi-j (2012) asymmetric causality test was used in the study. According to the Toda-Yamamoto (1995) causality test results, no causality relationship was determined between the financial services confidence index and the Borsa Istanbul (BIST) sector index returns. However, an asymmetric causality relationship was determined between the variables. Thus, the hidden relationships that the Toda-Yamamoto (1995) causality test could not detect were revealed with the help of the asymmetric causality test.

Giriş

Son yıllarda Türkiye'de borsaya olan ilgi artarak devam etmektedir. Borsa'da işlem yapan yatırımcı sayısının geçtiğimiz on yılda yaklaşık sekiz kat arttığı görülmektedir. Grafik 1'de, Borsa İstanbul'da toplam yatırımcı sayısındaki çarpıcı artış görülmektedir. Artan yatırımcı sayısı, bireylerin ve kurumların finansal piyasalara olan ilgisinde güven faktörünün etkisini ilgi çekici bir hale getirmektedir. Hisse senedi fiyatları ile tüketim, yatırım ve üretim gibi makro ekonomik değişkenler arasındaki ilişki çeşitli ekonomik modellerde ağırlıklı olarak varsayılmaktadır. Bu nedenle, borsa ile reel ekonomi arasındaki bağlantılara yönelik literatürde çok sayıda çalışma mevcuttur. Ayrıca, klasik teorik modellerde sıklıkla ihmal edilen davranışsal yönleri içeren ve geliştirmeye çalışan çalışmaların sayısı literatürde giderek artmaktadır. Geleneksel olmayan yaklaşıma artan ilgi, finansal piyasalarda düzenli olarak gözlemlenen ve klasik modellerin öngörülerıyla bağdaşmayan olguların açıklanması zaruriyetinden kaynaklanmaktadır (Yoshinaga ve Castro Junior, 2012).



Kaynak: Veri Analiz Platformu. Erişim adresi: <https://www.vap.org.tr/uyruk-bazinda-yatirimci-sayilari>

Grafik 1. Borsa İstanbul'daki Toplam Yatırımcı Sayısının Yıllara Göre Seyri

Fama (1970) tarafından geleneksel finans teorisinin merkez önermesi olarak geliştirilen etkin piyasa hipotezi (EPH), fiyatların tutarlı bir şekilde piyasa yatırımcılarının erişebileceği tüm bilgileri yansıttığını varsaymaktadır. EPH'ye göre yatırımcılar finansal piyasalarda ortalamanın üzerinde getiri elde edebilmeleri daha fazla riske maruz kalarak gerçekleşebilmektedir. Ayrıca, finansal piyasalarda etkileşimde olan yatırımcıların tam rasyonellik sergiledikleri ve servetlerinden beklenen faydayı en üst düzeye çıkardıkları varsayılmaktadır (Bertella vd., 2014). Bununla birlikte, 1980'li yıllardan itibaren araştırmacılar piyasalarda gözlemlenen "anomalilere" dayanarak EPH'nin geçerliliğini sorgulamıştır. Tversky ve Kahneman (1989) piyasalardaki anormallikleri, temel olarak kabul edilen yerleşik paradigmalardan göz ardı edilemeyecek kadar yaygın, rastgele hata olarak değerlendirilemeyecek kadar sistematik ve normatif sistemi gevşeterek uyumlaştırılması mümkün olmayan bir sapma olarak açıklamaktadır. Yapılan çalışmalarda, EPH'ile çelişen "fiyat geri dönüş" (De Bondt ve Thaler, 1985) ve borsa fiyatlarının temsil ettikleri firmaların temellerindeki değişikliklerle açıklanamayacak kadar "aşırı oynaklık" (Shiller, 1980) sergilediği gibi anormalliklere yol açan kanıtlar ortaya konulmuştur. Ek olarak, yatırımcıların karar verme süreçlerini önemli ölçüde etkileyen aşırı güven, pişmanlıktan kaçınma, kayıptan kaçınma, Barnum etkisi, zihinsel muhasebe ve sürü davranışı gibi çeşitli psikolojik önyargılar sergiledikleri tespit edilmiştir (Jain vd., 2022). Bu tür önyargılar, yatırımcıların her zaman rasyonel olmadığı ve yatırımcı davranışlarının finansal piyasalarda önemli dalgalanmalara neden olabileceğini ortaya koymaktadır. Böylelikle, piyasa anomalilerini ve yatırımcı davranışlarını anlamada önemli bir çerçeve sunan davranışsal finans literatürde popülerlik kazanmıştır.

De Long vd. (1990) çalışmalarında yatırımcıları finansal piyasa duyarlılığının etkisini de dikkate alarak iki kategoriye ayırmıştır: rasyonel yatırımcılar ve söylenti tacirleri. Modelde, her iki kategorideki yatırımcılar, varlıkların fiyatlarını ve beklenen getirilerini belirlemektedir. Rasyonel yatırımcıların yanlış fiyatlandırmadan kar elde etme imkanı; kısa yatırım ufku, işlem maliyetleri ve riskler gibi çeşitli nedenlerden ötürü sınırlıdır. Bu nedenler, fiyatların temel değerinden sapsmasına imkan tanımaktadır. Yatırım bağlamındaki duyarlılık, aşırı iyimser veya kötümser nakit akışı tahminlerine ya da risk toleransındaki değişimlere işaret edebilmektedir (Edelen vd., 2010). Böylelikle, her zaman varlık fiyatları indirgenmiş gelecekteki nakit akışlarının net bugünkü değeri olarak değer vermemekte, yatırımcıların duygusal tepkileri ile şekillenebilmektedir.

Davranışsal finans alanında yapılan birçok çalışmada, yatırımcı duyarlılığı ile hisse senedi getirileri arasındaki bağlantı incelenmiştir. Chowdhury vd. (2024) yatırımcı duyarlılığının S&P 500 endeksindeki hisse senedi getirileri üzerindeki pozitif etkisini tespit etmiştir. Schmeling (2009) ise yatırımcı duyarlılığı ile hisse senedi getirileri arasında negatif ilişki bulgusuna ulaşmıştır. Literatürde yapılan çalışmalarda duygu vekili olarak farklı değişkenlerin kullanıldığı görülmektedir. Önceki çalışmalarda kullanılan değişkenler arasında, yatırımcı anketlerinden elde edilen güven endeksleri (Usul vd., 2017; Kandır, 2006); yatırımcı ruh hali (Kostopoulos ve Meyer, 2018); opsiyon sözleşmesinin zımnı volatilitesi (Qadan vd., 2019); kapalı uçlu yatırım fonu iskontosu (Keleş ve Arat, 2019); yatırım fonu akışları (Ben-Rephael vd., 2012); işlem hacmi veya işlem miktarı (Ding vd., 2014) ve bu vekiilleri birleştiren bileşik duyarlılık endeksi (Baker ve Wurgler, 2006) yer almaktadır.

Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB), finansal hizmetler sektöründeki iş durumları ile hizmetlere olan talep ile ilgili değerlendirme ve beklentileri ortaya koymak amacıyla Finansal Hizmetler Güven Endeksi'ni (FHGE) hesaplamaktadır. Finansal piyasadaki güven ve beklentiler, yatırımcıların piyasa algılarına ve kararlarına yansımaktadır. Dolayısıyla, finansal hizmetler sektöründeki güven düzeyinin borsa üzerindeki etkisinin incelenmesi önemli bir konudur. Bu çalışmanın amacı Türkiye'de 2012:06-2024:05 döneminde finansal güven endeksi ile hisse senedi getirileri arasındaki nedensellik ilişkisi ampirik olarak analiz edilmektedir. Çalışmada Toda-Yamamoto nedensellik testinin yanı sıra Hatemi-j (2012) asimetrik nedensellik testi de kullanılmıştır. Böylelikle, nedensellik analizinden elde edilen bulgular sağlamlaştırılmıştır. Asimetrik testler, değişkenlerde asimetriyi dikkate alarak aralarındaki saklı ilişkileri ortaya çıkarmaya elverişlidir. Özellikle oynaklığın yüksek olduğu finansal değişkenler de asimetrik ilişkilerin incelenmesi daha güvenilir sonuçların elde edilmesini mümkün kılmaktadır (Aydın, 2017). Bu bağlamda, asimetrik nedensellik testinin kullanımı, geleneksel testlerin gözden kaçırabileceği pozitif ve negatif şokların farklı etkilerini tespit etme imkânı sunmakta ve literatüre özgün bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde, güven endeksleri ve borsa arasındaki ilişkiyi inceleyen ulusal ve uluslararası çalışmalara ilişkin literatür taramasına yer verilmektedir. Üçüncü bölümde, araştırmada kullanılan veri seti ve yöntem açıklanmıştır. Dördüncü bölümde ampirik analizden elde edilen bulgular sunulmuştur. Son bölümünde, çalışmanın sonuçları yorumlanarak konuyla ilgili gelecekteki yapılacak çalışmalar değerlendirilmiştir.

Literatür

Son otuz yıldır güven endeksleri ile hisse senedi fiyatları arasındaki ilişki çok sayıda çalışmada incelenmiştir. Literatür incelendiğinde bu ilişkinin karmaşık ve çok yönlü olduğu görülmektedir. Kale ve Akkaya (2016) çalışmasında Türkiye’de tüketici güveninden hisse senedi getirilerine doğru bir nedensellik ilişkisinin bulunmadığını; fakat hisse senedi getirilerinin tüketici güvenini pozitif yönde etkilediğini tespit etmiştir. Ayrıca, reel sektör güven endeksi ile hisse senedi getirileri arasında çift yönlü nedensellik bulgusuna ulaşmıştır. Kılıcı (2020) ise finansal hizmetler güven endeksinden BIST 100’e doğru tek yönlü nedensellik bulgusuna ulaşmıştır. Canöz ve Erdoğan (2019) çalışmalarında Türkiye’de sektörel güven endeksleri ile Borsa İstanbul arasında simetrik bir nedensellik ilişkisi bulunmadığını; fakat bu değişkenler arasında asimetric bir nedensellik ilişkisi mevcut olduğunu ifade etmiştir. Konuyla ilgili ulusal ve uluslararası başlıca çalışmalar Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Literatür Özeti

Yazar	Periyot	Ülke	Method	Sonuçlar
Özekinci (2024)	2012:05-2023:12	Türkiye	ARDL Testi	FHGE ile kimya ve tekstil sektörleri arasında negatif ilişki tespit edilmiştir.
Bai vd. (2023)	2020:01-2020:4	47 Ülke	Panel Regresyon	Finansal piyasa duyarlılığı borsa getirisini artırmaktadır.
Yurtoğlu ve Süsay (2023)	2007-2022 Aylık	Türkiye	Toda Yamamoto Nedensellik	Ekonomik Güven Endeksi ile portföy değerleri arasında çift yönlü nedensellik mevcut
Wang vd. (2021)	Farklı-2015	50 Ülke	Panel Regresyon	Tüketici Güven Endeksi gelecekteki hisse senedi getirileri arasında negatif ilişki mevcut.
Alptürk vd. (2021)	2012:05-2020:01	Türkiye	Toda Yamamoto Nedensellik	FHGE ile BİST Şehir Endeksleri arasında çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir.
Tüzün vd. (2021)	2012:05-2018:11	Türkiye	Bootstrap N. ve Kayan Pencere N.	FHGE'den BİST Sanayi endeksine doğru nedensellik mevcut.
Canöz (2018)	2004-2017 Aylık	Türkiye	Toda Yamamoto Nedensellik	BİST'ten Tüketici Güven Endeksine doğru nedensellik ilişkisi var.
İskenderoğlu ve Akdağ (2017)	2012:05-2017:08	Türkiye	Granger N. ve Frekans N.	FHGE ile BİST 100 arasında çift yönlü nedensellik mevcut.
Köse ve Akkaya (2016)	2007-2016 Aylık	Türkiye	VAR Analizi	TCMB Reel Kesim Güveni ile BIST 100 Getiri endeksi arasında ilişki tespit edilmiştir.
Eyüboğlu ve Eyüboğlu (2017)	2012-2016 Aylık	Türkiye	Engle Granger Eşbütünleşme	Ekonomik Güven Endeksi ile BİST 100 endeksi arasında eşbütünleşme tespit edilmiştir
Altuntaş vd. (2017)	2007-2016 Aylık	Türkiye	Granger Nedensellik	BIST 100'den tüketici güven endeksine doğru nedensellik var.
Usul vd. (2017)	2007-2017 Aylık	Türkiye	KSS Eşbütünleşme	Tüketici ve Reel Kesim Güven Endeksleri ile BIST 100 arasında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir.
Mermer (2014)	2004-2012 Aylık	Türkiye	Granger Nedensellik	Hisse Senedi Getirilerinden Tüketici Güven Endeksine doğru nedensellik var
Topuz (2011)	2004-2009 Aylık	Türkiye	Granger Nedensellik	Hisse Senedi Getirilerinden Tüketici Güven Endeksine Doğru nedensellik var.
Hsu vd. (2011)	1999-2007 Aylık	21 Ülke	Granger Nedensellik	Hisse Senedi Getirilerinden Tüketici Güven Endeksine Doğru
Korkmaz ve Çevik (2009)	1987-2008 Aylık	Türkiye	Dinamik Nedensellik	BIST 100 getirisi ile Reel Kesim Güven Endeksi Karşılıklı ilişkilidir
Schmeling (2009)	1990-2006 Aylık	18 Gelişmiş Ülke	Granger ve Panel	Tüketici güveninin hisse senedi getirileri üzerinde negatif etkisi bulunmaktadır.
Kling ve Gao (2008)	2001-2005 Günlük	Çin	VAR ve Granger N	Çin’de Yatırımcı Duyarlılığı ile Hisse Senedi getiri arasında uzun dönemli ilişki yoktur.
Kandır (2006)	2002-2005 Aylık	Türkiye	Regresyon	CNBC-e Tüketici Güven Endeksinin BIST Mali Sektör getirilerini pozitif etkilemektedir.
Brown ve Cliff (2004)	1965-1998 Aylık	ABD	VAR	Hisse getirilerinin yatırımcı duyarlılığı üzerinde pozitif etkisi bulunmaktadır.
Christ ve Bremmer(2003)	1978-2003 Aylık	ABD	Granger Nedensellik	Hisse Senedi Getirisinden tüketici güvenine doğru nedensellik var.
Jansen ve Nahuis (2003)	1986-2001 Aylık	11 Avrupa Ülkesi	Granger Nedensellik	Hisse senedi getirilerinden tüketici güven endeksine doğru tek yönlü nedensellik var.
Fisher ve Statman (2002)	1977-2000 Aylık	ABD	Korelasyon ve Regresyon	Hisse Senedi Getirisi ile Tüketici Getirisi aynı yönde hareket etmektedir

Tablo 1 incelendiğinde FHGE ile borsa arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların kısıtlı olduğu görülmektedir. Bu duruma, FHGE'nin 2012 yılı Mayıs ayından itibaren hesaplanmaya başlanmasının etkisi olduğu düşünülmektedir. Özekinci (2024)'nin ARDL testinden elde ettiği bulgular Türkiye'de FHGE ile borsa arasında negatif ilişkinin olduğunu göstermektedir. Tüzün vd. (2021) FHGE'den BİST Sanayi endeksine doğru nedensellik bulgusuna ulaşmıştır. Bununla birlikte, İskenderoğlu ve Akdağ (2017) çalışmalarında FHGE ile BİST 100 endeksi arasında çift yönlü nedensellik tespit etmiştir. Farklı bir çalışmada, Alptürk (2021) FHGE ile BİST şehir endeksleri arasında çift yönlü nedensellik tespiti yapmıştır.

Tablo 1'de konuyla ilgili yapılan çalışmalarda farklı ülke gruplarının analiz edildiği görülmektedir. Bai vd. (2023) 47 ülke kapsamında yaptığı çalışmada finansal piyasa duyarlılığındaki artışın borsa getirisini artırdığını ifade etmektedir. Wang vd. (2021) çalışmasında 50 ülkede tüketici güven endeksi ile gelecekteki hisse senedi getirileri arasında negatif ilişki tespit edilmiştir. Hsu vd. (2011) çalışmasında, 21 ülke özelinde hisse senedi getirilerinden tüketici güven endeksine doğru nedensellik tespiti yapılmıştır. Ayrıca, Tablo 1'de ülke bazlı yapılan çalışmalarda nedensellik testinin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Canöz (2018), Altuntaş vd. (2017), Mermer (2014) ve Topuz (2011) Türkiye özelinde konuyu inceledikleri çalışmalarında, borsa getirilerinden tüketici güven endeksine doğru nedensellik bulgusuna ulaştılar. Korkmaz ve Çevik (2009) çalışmasında, dinamik nedensellik analizinin sonuçları BIST 100 getirisi ile Reel Kesim Güven Endeksi'nin karşılıklı ilişkili olduğunu göstermektedir. Christ ve Bremmer (2003), ABD'de hisse senedi getirisinden tüketici güvenine doğru nedensellik bulgusuna ulaşmıştır. Kling ve Gao (2008), Çin'de yatırımcı duyarlılığı ile hisse senedi getirileri arasında uzun dönemli ilişki olmadığını ifade etmektedir.

Veri Seti ve Yöntem

Haziran 2012- Mayıs 2024 dönemi için, FHGE ile 10 BIST endeksine ait getiriler arasındaki ilişkilerin araştırıldığı bu çalışmada, finansal hizmetler güvenine ilişkin aylık veriler TCMB'nin resmi web sitesinden, BIST endekslerine ilişkin aylık veriler ise investing web sitesinden temin edilmiştir. Tablo 2'de analizde kullanılan seriler ve tanımlayıcı istatistikler gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan FHGE veri setinin doğal logaritması alınmıştır. Borsa endekslerine ilişkin aylık getiriler denklem (1) ile hesaplanmıştır.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

Endeks Adı (Seriler)	Ortalama	Maksimum	Minumum	St. Sapma	Çarpıklık	Basıklık
BİST 100 (LnXU100)	0.020	0.226	-0.168	0.075	0.281	3.123
BİST Sınai (LnXUSIN)	0.018	0.417	-0.231	0.104	0.243	3.615
BİST Hizmetler (LnXUHIZ)	0.025	0.432	-0.222	0.107	0.688	4.275
BİST Mali (LnXUMAL)	0.022	0.335	-0.230	0.097	0.244	3.485
BİST Teknoloji (LnXUTEK)	0.023	0.788	-0.622	0.153	0.424	10.188
BİST Banka (LnXBANK)	0.016	0.246	-0.190	0.083	0.140	3.366
BİST Bilişim (LnXBLSM)	0.022	0.264	-0.140	0.073	0.538	3.735
BİST Elektrik (LnXELKT)	0.019	0.227	-0.183	0.084	0.093	2.742
BİST Finansal Kiralama Faktöring (LnXFINK)	0.024	0.245	-0.210	0.071	0.192	3.918
BİST GMYO (LnXGMYO)	0.027	0.336	-0.174	0.092	0.548	3.946
FHGE (lfge)	5.086	5.233	4.772	0.088	-1.149	4.397

$$R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (1)$$

Denklem (1)'de R_t , ilgili endeksin t dönemi doğal logaritmik getiri değerini; P_t , ilgili endeksin t dönemindeki değerini ve P_{t-1} de ilgili endeksin t-1 dönemindeki değerini göstermektedir.

FHGE'nin hesaplanması için finansal hizmetler anketi yapılmaktadır. Aylık finansal hizmetler anketi ile finansal kuruluş yöneticilerinin iş durumları hakkında yakın geçmişe dair değerlendirmeleri ve geleceğe yönelik beklentileri elde edilerek, finansal hizmetler sektöründeki eğilimler saptanmaktadır. Anket sonuçlarından hesaplanan FHGE endeksi, finansal kuruluşların iş durumu, son üç ayda hizmetlere olan talep ve gelecek üç ayda hizmetlere olacak talep sorularına verilen yanıtların bir fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır (TCMB, 2024).

Çalışmada öncelikle serilerin durağanlık seviyelerinin belirlenmesi amacıyla Genişletilmiş Dickey-Fuler (ADF) birim kök testinden yararlanılmıştır. Ardından FHGE ile BIST endeksleri arasındaki nedensellik ilişkinin incelenmesi için Toda Yamamoto (1995) nedensellik testi ve Hatemi-j (2012) asimetrik nedensellik testi kullanılmıştır.

Toda- Yamamoto Nedensellik Testi

Toda ve Yamamoto (1995) çalışmasında geliştirilen yaklaşım, VAR modelini değişkenlerin seviyelerine uyarlamaktadır. Böylelikle serinin entegrasyon sırasının olası yanlış tanımlanmasıyla ilgili riskleri minimuma indirmektedir. Toda-Yamamoto nedensellik testinde değişkenlerin durağan olması ve durağan olmayan serilerin koentegre olması gibi bir koşul bulunmamaktadır. Bu nedensellik testinde öncelikle, VAR modelinin gecikme uzunluğu (k) ve incelenen değişkenlerin en büyük durağanlık seviyesi (d_{max}) belirlenmektedir. Sonrasında $(k+d_{max})$ artırılmış VAR modeli ile Toda-Yamamoto nedensellik testi gerçekleştirilir.

Toda ve Yamamoto nedenselliğine ilişkin VAR modeli şu şekilde kurulmaktadır:

$$y_t = c_5 + \sum_{i=1}^k c_{1i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{1i} X_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \delta_{1j} X_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \lambda_{1j} Y_{t-i} + e_{1t} \quad (2)$$

$$x_t = c_{10} + \sum_{i=1}^k c_{2i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{2i} X_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \delta_{2j} X_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \lambda_{2j} Y_{t-i} + e_{2t} \quad (3)$$

Denklem 2 ve 3'te X'ten Y'ye doğru bir nedensellik olup olmadığı $\delta_{1i}=0$ ve Y'den X'e doğru bir nedensellik olup olmadığı $\delta_{2i}=0$ yokluk hipotezleri geliştirilmiş Wald testi ile sınanarak analiz edilmektedir.

Hatemi-J (2012) Nedensellik Testi

Hatemi-j (2012) yöntemi pozitif şokların nedensel etkisini negatif şoklardan ayırmaktadır. Finansal piyasalarda yatırımcılar olumlu değişikliklerden çok olumsuz değişikliklere tepki vermeye eğilimli oldukları bilinmektedir. Asimetrik nedensel etkilerin dikkate alınması özellikle finansal piyasalardaki realiteye uygundur. Bu testin temel avantajı gösterge değişkenlerini, eşikleri ve aynı andan değişken içinde birtakım asimetrik etkilere izin veren rejim değiştirme yöntemlerini kullanan alternatif yöntemlerden farklı olarak, pozitif değişikliklerin etkisini negatif değişikliklerden bütünüyle ayırmasıdır. Bu test, değişkenlerin normal şekilde dağılmadığı ve oynaklığın zamanla değiştiği durumlarda da iyi performansa sahiptir. Dolayısıyla, finansal veri setlerinin yaygın olarak normal bir dağılım göstermediği ve sabit bir volatiliteye sahip olmadığı düşünüldüğünde bu testin kullanılması avantaj sağlamaktadır (Hatemi-J vd., 2017).

X ve Y bütünlük veriler olmak üzere rassal yürüyüş sürecinden hareketle aşağıdaki denklemde ifade edilmiştir:

$$Y_{1t} = Y_{1t-1} + \varepsilon_{1t} = Y_{10} \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i} \quad (4)$$

$$Y_{2t} = Y_{2t-1} + \varepsilon_{2t} = Y_{20} \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i} \quad (5)$$

Burada Y_{10} ve Y_{20} , başlangıç değerlerini göstermektedir. Değişkenlerin bileşenleri arasındaki nedensellik ilişkisinin tespitinde kullanılan pozitif ve negatif şoklar aşağıda gösterilmiştir.

$$\varepsilon_{1i}^+ = \max(\varepsilon_{1i}, 0), \varepsilon_{1i}^- = \min(\varepsilon_{1i}, 0)$$

$$\varepsilon_{2i}^+ = \max(\varepsilon_{2i}, 0), \varepsilon_{2i}^- = \min(\varepsilon_{2i}, 0)$$

Pozitif ve negatif şokların birikimli formda oluşturulması denklem (6)'da gösterilmiştir.

$$Y_{1t}^+ = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^+, Y_{1t}^- = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^-, Y_{2t}^+ = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^+, Y_{2t}^- = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^-, \quad (6)$$

Pozitif bileşenler ve negatif bileşenler arasındaki nedensellik ilişkisini test etmede kullanılan p gecikmeli VAR model, denklem (7) ve (8)'de sırasıyla gösterilmiştir.

$$Y_t^+ = a + A_1 Y_{t-1}^+ + \dots + A_p Y_{t-p}^+ + u_t^+ \quad (7)$$

$$Y_t^- = a + A_1 Y_{t-1}^- + \dots + A_p Y_{t-p}^- + u_t^- \quad (8)$$

Bulgular

Tablo 3 ADF birim kök testi sonuçlarını göstermektedir. Yapılan birim kök testine göre LnXU100, LnXUSIN, LnXUHIZ ve LnXUMAL birim köklü bulunmuştur. Serilerin birinci farkı alındıktan sonra seviyelerinde birim köklü bulunan seriler durağan hale

getirilmiştir. LnXUTEK, LnXBANK, LnXBLSM, LnXELKT, LnXFINK, LnXGMYO ve Ifge seviyelerinde durağan bulunmuştur. Bu aşamadan sonra seriler arasındaki nedensellik ilişkileri Toda- Yamamoto(1995) ve Hatemi-J (2012) nedensellik testleri ile incelenmiştir.

Tablo 3. ADF Test Sonuçları

	Düzye	Birinci Farklar
	Sabit	Sabit
LnXU100	-2.04	-5.53 (a)
LnXUSIN	-2.26	-5.85 (a)
LnXUHIZ	-1.84	-7.18 (a)
LnXUMAL	-2.11	-7.13 (a)
LnXUTEK	-3.68 (a)	
LnXBANK	-11.43 (a)	
LnXBLSM	-3.75 (a)	
LnXELKT	-6.97 (a)	
LnXFINK	-7.66 (a)	
LnXGMYO	-4.93 (a)	
Ifge	-2.75 (c)	

Not: Parantez içerisindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. a, b ve c sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde serilerin durağan olduğunu göstermektedir.

Çalışmanın bu kısmında, Toda- Yamamoto yöntemi ile nedensellik testi kullanılarak finansal hizmetler güven endeksi ile seçilmiş BİST sektör endeksleri arasındaki nedensellik ilişkisi analiz edilecektir. Sonuçlar Tablo 4’de özetlenmektedir. Tablodan görüleceği üzere, %5 anlamlılık seviyesinde finansal hizmetler güven endeksinin seçilmiş BİST endekslerinin Granger nedeni olmadığını gösteren temel hipotez red edilememiştir. Ayrıca, %5 anlamlılık seviyesinde seçilmiş BİST endekslerinin finansal hizmetler güven endeksinin Granger nedeni olmadığını gösteren temel hipotez red edilememiştir.

Tablo 4. Toda- Yamamoto Yöntemine Dayalı Granger Nedensellik Test Sonuçları

Temel Hipotez	χ^2 İstatistiği	Temel Hipotez	χ^2 İstatistiği
Ifge [®] LnXU100	0.35 (0.54)	LnXU100 [®] Ifge	0.003 (0.95)
Ifge [®] LnXBANK	0.20 (0.64)	LnXBANK [®] Ifge	1.16 (0.28)
Ifge [®] LnXBLSM	0.87 (0.35)	LnXBLSM [®] Ifge	0.01 (0.89)
Ifge [®] LnXELKT	0.51 (0.47)	LnXELKT [®] Ifge	0.09 (0.75)
Ifge [®] LnXFINK	1.07 (0.30)	LnXFINK [®] Ifge	0.78 (0.37)
Ifge [®] LnXGMYO	0.03 (0.84)	LnXGMYO [®] Ifge	0.01 (0.90)
Ifge [®] LnXUHIZ	0.04 (0.82)	LnXUHIZ [®] Ifge	4.04E-07 (0.99)
Ifge [®] LnXUMAL	0.59 (0.44)	LnXUMAL [®] Ifge	0.19 (0.66)
Ifge [®] LnXUSIN	0.31 (0.57)	LnXUSIN [®] Ifge	0.43 (0.51)
Ifge [®] LnXUTEK	0.63 (0.80)	LnXUTEK [®] Ifge	0.08 (0.77)

Not: Parantez içindeki değerler, ilgili test istatistiğinin olasılık değerleridir. [®] nedenselliğin olmadığını göstermektedir. Gecikme uzunlukları $(k=1) + (dmax=1)=2$ formülasyonuna göre hesaplanmıştır.

Tablo 5 finansal hizmetler güven endeksinden borsa getirilerine doğru asimetrik nedensellik sonuçlarını göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre, negatif şoklar arasında finansal hizmetler güven endeksinden BİST Mali endeksi getirilerine doğru bir nedensellik ilişkisi bulunurken pozitif şoklar için bu ilişki tespit edilememiştir. Bununla birlikte, pozitif ve negatif şoklar için finansal hizmetler güven endeksinden diğer BİST endekslerine ait getirilere doğru herhangi bir nedensellik ilişkisi bulgusuna ulaşılamamıştır.

Tablo 5. Hatemi-J Asimetrik Nedensellik Testi Sonuçları

(Finansal Hizmetler Güven Endeksi [®] Borsa Getiri)					
Temel Hipotez		Wald İst.	1%	5%	10%
lfge+	LnXU100+	2.11	9.144	6.124	4.686
lfge-	LnXU100-	4.032	9.715	6.183	4.752
lfge+	LnXBANK+	1.305	10.615	6.391	4.752
lfge-	LnXBANK-	0.742	12.345	7.689	5.999
lfge+	LnXBLSM+	0.625	9.681	5.943	4.416
lfge-	LnXBLSM-	1.839	10.047	6.39	4.622
lfge+	LnXELKT+	0.588	10.971	7.08	5.389
lfge-	LnXELKT-	0.834	8.23	5.01	3.568
lfge+	LnXFINK+	0.497	9.997	6.353	4.79
lfge-	LnXFINK-	2.508	10.129	6.428	4.878
lfge+	LnXGMYO+	1.343	10.419	6.539	4.933
lfge-	LnXGMYO-	0.141	10.122	6.204	4.556
lfge+	LnXUHIZ+	1.158	10.06	6.197	4.723
lfge-	LnXUHIZ-	0.979	9.529	6.149	4.676
lfge+	LnXUMAL+	0.897	9.313	6.102	4.683
lfge-	LnXUMAL-	5.616c	9.669	6.21	4.728
lfge+	LnXUSIN+	1.163	7.618	4.085	2.798
lfge-	LnXUSIN-	0.001	6.707	3.932	2.787
lfge+	LnXUTEK+	0.109	9.657	5.778	4.2
lfge-	LnXUTEK-	1.032	12.045	7.476	5.752

Not: [®] nedenselliğin olmadığını göstermektedir. a, b ve c sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde seriler arasında nedensellik ilişkisinin varlığını göstermektedir.

Tablo 6, BİST endeksleri getirilerinden finansal hizmetler güven endeksine doğru asimetrik nedensellik sonuçlarını göstermektedir. Değişkenler arasında tespit edilen asimetrik ilişkiler şu şekilde açıklanabilir: (a) Pozitif şoklar arasında BİST Bilişim endeksi getirilerinden finansal hizmetler güven endeksine doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. (b) Hem pozitif şoklar hem de negatif şoklar için BİST Elektrik endeksi getirilerinden finansal hizmetler güven endeksine doğru bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. (c) BİST Finansal Kiralama Faktöring endeksi getirilerinden finansal hizmetler güven endeksi getirilerine doğru bir nedensellik ilişkisi pozitif ve negatif şoklar için tespit edilmiştir. (d) Negatif şoklar için BİST Hizmetler endeksi getirilerinden finansal hizmetler güven endeksine doğru bir nedensellik ilişkisi bulunurken pozitif bileşenler için bu ilişki yoktur. (e) Negatif şoklar arasında BİST Sınai Endeksi getirilerinden finansal hizmetler güven endeksine doğru bir nedensellik ilişkisi mevcuttur. (f) Pozitif şoklar arasında BİST Teknoloji endeksi getirilerinden finansal hizmetler güven endeksine doğru bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Türkiye’de finansal hizmetler güven endeksi ile borsa getirileri arasında asimetrik bir nedensellik ilişkisinin varlığını göstermektedir.

Tablo 6. Hatemi-J Asimetrik Nedensellik Testi Sonuçları

(Borsa Getiri) [®] Finansal Hizmetler Güven Endeksi	Wald İst.	1%	5%	10%
Temel Hipotez				
LnXU100+ [®] Ifge+	0.889	10.62	6.271	4.819
LnXU100- [®] Ifge-	2.967	9.727	6.482	4.927
LnXBANK+ [®] Ifge+	2.766	11.155	6.841	5.088
LnXBANK- [®] Ifge-	2.189	14.214	9.377	7.376
LnXBLSM+ [®] Ifge+	6.249c	11.133	6.756	4.933
LnXBLSM- [®] Ifge-	2.049	10.102	5.913	4.202
LnXELKT+ [®] Ifge+	9.274c	14.49	9.73	7.636
LnXELKT- [®] Ifge-	8.021b	10.927	6.946	5.088
LnXFINK+ [®] Ifge+	8.139b	11.128	6.707	4.956
LnXFINK- [®] Ifge-	4.442c	9.771	5.479	3.921
LnXGMYO+ [®] Ifge+	2.747	10.819	6.172	4.446
LnXGMYO- [®] Ifge-	1.911	13.183	7.989	6.108
LnXUHIZ+ [®] Ifge+	3.22	10.487	6.246	4.724
LnXUHIZ- [®] Ifge-	5.376c	10.25	6.277	4.84
LnXUMAL+ [®] Ifge+	1.163	7.618	4.085	2.798
LnXUMAL- [®] Ifge-	0.001	6.707	3.932	2.787
LnXUSIN+ [®] Ifge+	0.003	7.187	3.928	2.659
LnXUSIN- [®] Ifge-	3.245c	7.01	3.833	2.723
LnXUTEK+ [®] Ifge+	7.48b	12.963	8.319	6.248
LnXUTEK- [®] Ifge-	6.837	14.657	9.643	7.526

Not: [®] nedenselliğin olmadığını göstermektedir. a, b ve c sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde seriler arasında nedensellik ilişkisinin varlığını göstermektedir.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Türkiye’de finansal hizmetler güven endeksi ile borsa getirileri arasındaki ilişki Haziran 2012- Mayıs 2024 dönemi aylık verileri kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada, değişkenler arasındaki ilişkilere ait nedensellik sonuçları arasında karşılaştırma yapabilmek için Toda- Yamamoto(1995) ve Hatemi-J (2012) nedensellik testleri kullanılmıştır.

Toda- Yamamoto yöntemi sonuçları, finansal hizmetler güven endeksi ile borsa getirileri arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi bulgusu olmadığı yönündedir. Bununla birlikte, finansal değişkenlerin pozitif ve negatif şoklara verdikleri tepkilerin farklı olabileceği göz önünde bulundurulduğunda, bu şokları ayrıştırabilen bir testin kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Finansal zaman serilerinin normal dağılmadığı ve oynaklığın fazla olduğu dikkate alındığında asimetrik testlerin kullanılması daha tutarlı sonuçlar elde edilmesinde faydalı olacaktır. Hatemi-J (2012) asimetrik nedensellik testi sonuçları ise şu şekilde özetlenebilir: (a) FHGE’den borsa getirilerine doğru asimetrik nedensellik ilişkisi: negatif şoklar için FHGE’den BİST Mali endeks getirilerine doğru tespit edilmiştir. (b) Borsa getirilerinden FHGE’ye doğru asimetrik nedensellik ilişkisi: BİST Elektrik endeksi ve BİST Finansal Kiralama Faktöring endeksi getirileri için hem pozitif hem de negatif şoklarda; BİST Bilişim endeksi ve BİST Teknoloji endeksi getirileri için pozitif bileşenlerde; BİST Hizmetler endeksi ve BİST Sınai Endeksi getirileri için de negatif şoklar arasında tespit edilmiştir. Böylelikle, Toda- Yamamoto nedensellik testi kullanılarak tespit edilemeyen saklı ilişkiler, asimetrik nedensellik testi yardımıyla ortaya çıkarılmıştır. Çalışmanın sonuçları Canöz ve Erdoğan (2019) ve Tüzün vd. (2021) çalışmalarıyla tutarlılık göstermektedir. Fakat, çalışmanın sonuçları FHGE ile BİST 100 arasında çift yönlü nedensellik bulgusuna ulaşan İskenderoğlu ve Akdağ (2017)’dan farklıdır.

Finansal hizmetler, ekonomik büyüme ve yatırımlar için bir köprü görevi görerek hisse senedi piyasalarının işleyişinden önemli bir rol oynamaktadır. Finansal kuruluşlardaki yöneticilerin piyasa ile sürekli olarak etkileşim halinde olmaları nedeniyle piyasadaki eğilimleri anında gözlemlenebilir. Böylelikle, finansal hizmetler sektörünün geleceğe ilişkin beklentileri ile

şirket getirileri arasındaki ilişki söz konusu olabilmektedir. Bununla birlikte, yatırımcıların gelirlerinin artacağı ve hisse senedi getirilerinin öncü göstergeler olacağı inancından hareketle finansal kuruluş yöneticileri gelecekteki ekonomik koşullar hakkında olumlu tutum sergileyecektir.

Çalışmanın sonuçları güven olgusunun finansal piyasalardaki değişimler açısından önemli bir değişken olduğunu göstermektedir. Ancak, yatırımcıların duyarlılığını yansıtmak amacıyla üretilen güven endekslerinde kaydedilen ilerlemeye rağmen, insan davranışının ve duygularının doğasında olan karmaşıklık finansal piyasalardaki gelişmeleri tahmin etmeyi karmaşık bir hale getirmektedir. Dolayısıyla ekonomistlerin, psikologların ve veri bilimcilerin arasındaki disiplinler arası çalışmanın önem arz ettiği düşünülmektedir. Böylelikle, yatırımcı duyarlılığı ve borsa arasındaki ilişkiyi açıklamada güvenilir ve tutarlı modellerin geliştirilmesi sağlanabilir.

Ayrıca, teknolojik gelişmelerin bu denli arttığı günümüzde üretilen verilerin bolluğu dikkat çekmektedir. Piyasa aktörlerinin duygu eğilimlerinin ortaya çıkarılmasında big data ve yapay zeka gibi teknolojilerden yararlanılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Son olarak, güven endeksindeki değişimleri dikkate almak piyasa aktörlerinin daha bilinçli karar almasında ve riskleri etkili bir şekilde yönetmesinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

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

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: Y.E.T., D.Z.; Data Acquisition: Y.E.T.; Data Analysis/Interpretation: Y.E.T.; Drafting Manuscript: Y.E.T, D.Z.; Critical Revision of Manuscript: Y.E.T.; Final Approval and Accountability: Y.E.T, D.Z.

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:

Yunus Emre Turan 0000-0002-4439-596X
Dinara Zubaidullina 0009-0006-4516-2515

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Altuntaş, S. T., Sarikovanlık, V., & Mera, N. (2017). Beklentiler ve güven endekslerinin finansal piyasalar üzerine etkisi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, Temmuz 2017 (Özel Sayı), 142-151.
- Alptürk, Y., Tunçel, M. B., Çetenak, E. H., & Bekci, İ. (2021). Finansal hizmetler güven endeksi ile BİST Şehir endeksleri arasındaki ilişkinin tespitine yönelik bir araştırma. *Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 271-293.
- Aydın, M. (2017). Gelişmekte olan ülkelerde borsa ile döviz kurları arasındaki ilişki: Simetrik ve asimetrik nedensellik analizi. *Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 27, 1-15.
- Bai, C., Duan, Y., Fan, X., & Tang, S. (2023). Financial market sentiment and stock return during the COVID-19 pandemic. *Finance Research Letters*, 54, 103709.
- Baker, M., & Wurgler, J. (2006). Investor Sentiment and the Cross-Section of Stock Returns. *The Journal of Finance*, 61(4), 1645-1680. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2006.00885.x>
- Ben-Rephael, A., Kandel, S., & Wohl, A. (2012). Measuring investor sentiment with mutual fund flows. *Journal of financial Economics*, 104(2), 363-382.
- Bertella, M. A., Pires, F. R., Feng, L., & Stanley, H. E. (2014). Confidence and the stock market: An agent-based approach. *PLoS one*, 9(1), e83488.
- Brown, G. W., & Cliff, M. T. (2004). Investor sentiment and the near-term stock market. *Journal of empirical finance*, 11(1), 1-27.
- Canöz, İ. (2018). Borsa İstanbul 100 endeksi ile tüketici güven endeksleri arasındaki nedensellik ilişkisi: Türkiye örneği. *Fiscaoeconomia*, 2(1), 136-153.
- Canöz, İ., & Erdoğan, A. (2019). Sektörel güven endeksleri ve BİST sektör endeksleri arasındaki ilişkilerin simetrik ve asimetrik nedensellik analizi. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 26(3), 833-849.

- Chowdhury, E. K., Chowdhury, R., & Dhar, B. K. (2024). Understanding investor sentiment: Analyzing its influence on stock and cryptocurrency markets during the Russia–Ukraine War. *Thunderbird International Business Review*, 66(5), 473-489. <https://doi.org/10.1002/tie.22395>
- Christ, K. P., & Bremmer, D. S. (2003). The relationship between consumer sentiment and stock prices. *New York Times*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=7b844255324f4f039caf9b3b009e1a44a5162844>
- De Bondt, W. F. M., & Thaler, R. (1985). Does the Stock Market Overreact? *The Journal of Finance*, 40(3), 793-805. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1985.tb05004.x>
- De Long, J. B., Shleifer, A., Summers, L. H., & Waldmann, R. J. (1990). Noise trader risk in financial markets. *Journal of Political Economy*, 98(4), 703-738. <https://doi.org/10.1086/261703>
- Ding, C. G., Wang, H.-J., Lee, M.-C., Hung, W.-C., & Lin, C.-P. (2014). How does the change in investor sentiment over time affect stock returns? *Emerging markets finance and trade*, 50(sup2), 144-158. <https://doi.org/10.2753/REE1540-496X5002S210>
- Edelen, R. M., Marcus, A. J., & Tehranian, H. (2010). Relative sentiment and stock returns. *Financial Analysts Journal*, 66(4), 20-32. <https://doi.org/10.2469/faj.v66.n4.2>
- Eyüboğlu, K., & Eyüboğlu, S. (2017). Ekonomik güven endeksi ile hisse senedi fiyatları arasındaki ilişkinin incelenmesi: Türkiye örneği. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(2), 603-614.
- Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets. *Journal of finance*, 25(2), 383-417.
- Hatemi-j, A. (2012). Asymmetric causality tests with an application. *Empirical economics*, 43, 447-456.
- Hatemi-J, A., Al Shayeb, A., & Roca, E. (2017). The effect of oil prices on stock prices: Fresh evidence from asymmetric causality tests. *Applied Economics*, 49(16), 1584-1592. <https://doi.org/10.1080/00036846.2016.1221045>
- Hsu, C. C., Lin, H.-Y., & Wu, J.-Y. (2011). Consumer confidence and stock markets: The panel causality evidence. *International Journal of Economics and Finance*, 3(6), 91-98.
- İskenderoğlu, Ö., & Akdağ, S. (2017). Finansal hizmetler güven endeksinin geçerliliğinin incelenmesi: Türkiye örneği. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 3(4), 625-633.
- Jain, J., Walia, N., Kaur, M., & Singh, S. (2022). Behavioural biases affecting investors' decision-making process: A scale development approach. *Management Research Review*, 45(8), 1079-1098.
- Jansen, W. J., & Nahuis, N. J. (2003). The stock market and consumer confidence: European evidence. *Economics letters*, 79(1), 89-98.
- Kale, S., & Akkaya, M. (2016). The relation between confidence climate and stock returns: The case of Turkey. *Procedia economics and finance*, 38, 150-162.
- Kandır, S. Y. (2006). Tüketici güveni ve hisse senedi getirileri ilişkisi: İMKB mali sektör şirketleri üzerinde bir uygulama. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 217-230.
- Keleş, E., & Arat, M. E. (2016). Yatırımcı duyarlılığı temsilcileri ve sermaye getirilerinin tahmini. *Öneri Dergisi*, 12(45), 307-326.
- Kilci, E. N. (2020). Do confidence indicators have an impact on macro-financial indicators? An analysis of the financial service and real sector confidence indexes: Evidence from Turkey. *European Journal of Government and Economics*. <https://milas.arel.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12294/3254>
- Kling, G., & Gao, L. (2008). Chinese institutional investors' sentiment. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 18(4), 374-387.
- Korkmaz, T., & Çevik, E. (2009). Reel Kesim Güven Endeksi ile İMKB 100 Endeksi arasındaki dinamik nedensellik ilişkisi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 38(1), 24-37.
- Kostopoulos, D., & Meyer, S. (2018). Disentangling investor sentiment: Mood and household attitudes towards the economy. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 155, 28-78.
- Köse, A. K., & Akkaya, M. (2016). Beklenti ve güven anketlerinin finansal piyasalara etkisi: BIST 100 üzerine bir uygulama. *Bankacılar Dergisi*, 99, 3-15.
- Mermer, İ. (2014). Tüketici güven endeksi ve hisse senedi getirileri ilişkisi: BİST üzerine bir uygulama, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. TC Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı.
- Qadan, M., Kliger, D., & Chen, N. (2019). Idiosyncratic volatility, the VIX and stock returns. *The North American Journal of Economics and Finance*, 47, 431-441.
- Özekenci, S. Y. Finansal hizmetler güven endeksi ile seçilmiş BİST sektör endeksleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Ekonomi ve Finansal Araştırmalar Dergisi*, 6(1), 1-12.
- Schmeling, M. (2009). Investor sentiment and stock returns: Some international evidence. *Journal of empirical finance*, 16(3), 394-408.
- Statman, M., & Fisher, K. L. (2002). Consumer confidence and stock returns. Santa Clara University Dept. of Finance Working Paper, 0202. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=317304
- TCMB(2024). <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/tr/tcmb+tr/main+menu/istatistikler/egilim+anketleri/finansal+hizmetler+istatistikleri+ve+finansal+hizmetler+guven+endeksi> Erişim tarihi: 20.08.2024
- Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of econometrics*, 66(1-2), 225-250.
- Topuz, Y. V. (2011). Tüketici güveni ve hisse senedi fiyatları arasındaki nedensellik ilişkisi: Türkiye örneği. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 53-65.
- Tuzun, O., Ceylan, I. E., & Ceylan, F. (2021). Güven endeksleri ile hisse senedi piyasası arasındaki nedensellik analizi: Türkiye örneği. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 30(2), 166-181.

- Tversky, A., & Kahneman, D. (1989). Rational Choice and the Framing of Decisions. İçinde B. Karpak & S. Zionts (Ed.), Multiple Criteria Decision Making and Risk Analysis Using Microcomputers (ss. 81-126). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-74919-3_4
- Usul, H., Küçüksille, E., & Karaođlan, S. (2017). Güven endekslerindeki deđişimlerin hisse senedi piyasalarına etkileri: Borsa İstanbul örneđi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(3), 685-695.
- Wang, W., Su, C., & Duxbury, D. (2021). Investor sentiment and stock returns: Global evidence. *Journal of Empirical Finance*, 63, 365-391.
- Yoshinaga, C. E., & Castro Junior, F. H. F. de. (2012). The relationship between market sentiment index and stock rates of return: A panel data analysis. *BAR-Brazilian Administration Review*, 9, 189-210.
- Yurtođlu, Y., & Süsay, A. (2023). Yatırımcı duyarlılıđının pay piyasası yatırımlarına etkisi: Borsa İstanbul'dan kanıtlar. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(3), 881-891.

Atıf Biçimi / How cite this article

Turan, Y.E., & Zubaidullina, D.(2024). Relationship between financial services confidence index and stock market returns: Toda-yamamoto and asymmetric causality analysis. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 41, 97-108. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.41.1537848>

The Effect of ESG (Environmental, Social And Governance) Scores on Company Performance: Evidence from the Manufacturing Industry in Turkey*

Halil İbrahim Akpınar¹ , Mehmet Sabri Topak² 

¹(PhD Student), İstanbul University, Institute of Social Sciences, Department of Business Administration, İstanbul, Türkiye

²(Assoc. Prof. Dr.), İstanbul University, Faculty of Economics, Department of Business Administration, İstanbul, Türkiye

*This manuscript is based on the PhD dissertation written in İstanbul University, Institute of Social Sciences, Department of Business Administration, named "The Effect of Environmental, Social and Governance Values on Company Performance: A Research on Borsa İstanbul" with updated data.

ABSTRACT

This study aims to investigate the impact of Environmental, Social, and Governance (ESG) scores on company performance in manufacturing companies using panel data analysis. The sample comprises data from sixteen companies listed in BIST Industrial Index (XUSIN) over the period 2018-2022. Two models were established in which ROA and Tobin's Q ratios, selected as indicators of company performance, were used as dependent variables. In this context, the study investigated the impact of ESG scores on performance measures both in terms of the performance derived from the companies' intra-period activities and reflected in their financial statements, as well as the stock market performance of their shares. The independent variables included in the models are ESG scores, company size (SIZE), leverage ratio (LEV), current ratio (CR), asset turnover ratio (ATO), interest coverage ratio (ICR), and revenue growth rate (RGR). Based on the findings in the analysis, the final models were estimated by using Driscoll Kraay (1998) standard error method. The study finds that ESG scores have a statistically significant positive impact on both ROA (significant at the 10% level) and Tobin's Q (significant at the 5% level). This indicates that improvements in ESG performance can enhance both profitability (ROA) and stock market performance (Tobin's Q) for companies.

Keywords: Sustainability, ESG, Performance, Panel Data Analysis, Borsa İstanbul

Introduction

Traditional corporate reporting is no longer deemed sufficient to meet the needs of stakeholders. Traditional corporate reporting has been replaced by reporting that includes not only financial information but also non-financial information. Non-financial information is reported within corporate social responsibility reports and independent sustainability reports (Cheng et al., 2014). The Brundtland Report (1987) of the United Nations' World Commission on Environment and Development defines sustainability as "development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (Kuhlman & Farrington, 2010).

Factors such as climate change, scarcity of natural resources, poverty, and population growth influence individuals' investment decisions regarding the future. It is increasingly recognised that all nations must act together to address these issues and establish environmental sustainability. Global frameworks and agreements, such as the UN Framework Convention on Climate Change (1992), the United Nations Sustainable Development Goals (2012), and the Paris Agreement (2015), have guided this process to ensure its smooth and rapid operation. One of the most significant outcomes of these processes is the implementation of a new scoring model known as ESG (Environmental, Social, Governance) (Shih et al., 2023). The ESG scores are directly related to companies' sustainability goals (Şişman & Çankaya, 2021). The reported ESG metrics for each company are based on assessments of environmental (E), social (S), and governance (G) factors. The environmental score (E) reflects the carbon footprint, energy transition efficiency, biodiversity and land use, waste and toxic emissions, and performance in clean technology and renewable energy. The social score (S) reflects stakeholder treatment, supply chain management, employee training, talent

Corresponding Author: Mehmet Sabri Topak **E-mail:** msabri@istanbul.edu.tr

Submitted: 28.08.2024 • **Accepted:** 04.09.2024



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

retention, occupational health and safety, product safety, and data privacy and security. The governance score (G) reflects corporate ownership, board structure and independence, executive compensation, business ethics, and corporate culture (Taliento et al., 2019).

Prioritising environmental and social activities by companies is increasingly boosting investor confidence and interest in these companies (Klein & Dawar, 2004). From this perspective, ESG scores are thought to play a significant role in influencing the stock prices of companies. Investors require ESG rating services to view and assess ESG activities. Today, financial institutions that measure and rate ESG performance provide this service. These institutions obtain the data used to calculate ESG scores from publicly reported company data, data voluntarily disclosed by companies to these institutions, civil society organisations, corporate social responsibility reports published by the companies themselves, and news reports about the companies. ESG rating agencies analyse this environmental, social, and corporate governance information and present their findings to all stakeholders (Landi & Sciarelli, 2019).

In a developing country like Turkey, empirical studies examining the relationship between ESG scores and company performance are limited. This is primarily due to the small number of companies in Turkey that regularly publish sustainability reports. Although the number of companies preparing sustainability reports has increased in recent years, reflecting the growing importance of sustainability reports and ESG scores, long-term time series data on ESG scores remain unavailable.

The study conducted to investigate the impact of ESG scores on the performance of companies operating in Turkey consists of four sections. Following the introduction, the sections include a literature review, data set and methodology, and conclusions.

Literature Review

In this section of the study, research conducted in countries other than Turkey on the subject has been presented first, followed by a summary of studies conducted on companies operating in Turkey.

Alareeni and Hamdan (2020) examined the impact of ESG scores on the financial performance of 505 companies operating in the United States between 2009 and 2018. In their study, ROA, ROE, and Tobin's Q were used as dependent variables, while the ESG scores and its components—E (Environmental), S (Social), and G (Governance)—were analysed as independent variables. Company size, financial leverage, changes in total assets, and asset turnover ratios were included as other independent variables in the models. The analysis revealed that the ESG scores had a statistically significant and positive effect on ROA, ROE, and Tobin's Q. Additionally, the E and S variables had a statistically significant impact on ROA, ROE, and Tobin's Q. While the E and S variables positively affected ROA and ROE, they negatively impacted Tobin's Q. The G variable, on the other hand, had a significant and positive effect on ROA and Tobin's Q, but a negative effect on ROE.

Ting et al. (2020) investigated the impact of ESG scores on financial performance using data from 4,886 companies in 20 developed and developing countries over the period 2014-2018. In their study, in addition to the ESG scores, environmental (E), social (S), and governance (G) variables were treated as independent variables, while Tobin's Q, P/E ratio, and ROE were treated as dependent variables. Dividend yield, debt/equity (D/E), debt/total assets, revenue growth rate, R&D intensity, capital expenditure intensity, advertising intensity, and the logarithms of total assets and revenues were included as other independent variables in the models. The study concluded that ESG had a statistically significant and positive impact on ROA, ROE, and Tobin's Q.

Carmini Pulino et al. (2022) analysed the relationship between ESG scores and company performance for 263 companies operating in Italy between 2011 and 2020. In their study, ESG data were used as independent variables, while ROA and EBIT were used as dependent variables. The number of employees and the debt-to-equity (D/E) ratio were included as control variables in the models. The analysis found that ESG and its components (E, S, G) each had a significant and positive impact on EBIT. It was also concluded that the E score had a significant but negative impact on ROA.

Velte (2017) studied the impact of ESG scores on financial performance by analysing data from 412 companies listed on the DAX30, TecDAX, and MDAX indices in Germany over the period 2010-2014. In the study, return on assets (ROA) was used as the dependent variable, while the ESG scores and its components—environmental (E), social (S), and governance (G) values—were used as independent variables. The study found that the ESG scores had a statistically significant and positive impact on ROA. However, the impact of ESG on Tobin's Q was found to be statistically insignificant. Furthermore, among the ESG components, the G value had a stronger impact on financial performance compared to the S and E values.

Wu et al. (2022) examined the relationship between ESG scores and company performance for 1,379 companies operating in China between 2011 and 2020. In their study, Tobin's Q was used as the dependent variable, while ESG scores, debt-to-asset ratio, company size, company growth rate, executive compensation, company type, and return on equity (ROE) were included as independent variables. The analysis concluded that ESG had a positive and significant relationship with Tobin's Q.

Ortas et al. (2015) explored the relationship between ESG scores and company performance for 198 companies operating in Japan, France, and Spain over the period 2008-2013. In their study, ROA and Tobin's Q were used as dependent variables, while

ESG scores, company size, and leverage ratio were used as independent variables. The analysis revealed that ESG had a positive and significant relationship with both Tobin's Q and ROA.

Lee et al. (2018) investigated the relationship between ESG scores and company performance for companies listed on the South Korean Stock Exchange between 2011 and 2016. In their study, panel data analysis was used, with ESG scores and the environmental (E), social (S), and governance (G) values that constitute ESG treated as independent variables, while ROA, ROE, and Tobin's Q were used as dependent variables in the models. Company sales size, number of employees, and leverage ratio were used as control variables in the models. The study concluded that ESG had a negative impact on ROE and no statistically significant impact on ROA and Tobin's Q. Additionally, the study found that the S had no significant impact on financial performance measures, while the G value had a negative and significant impact on Tobin's Q, and the E value had a negative and statistically significant impact on ROE and ROA.

Dalal and Thaker (2019) examined the relationship between ESG scores and company performance for 65 companies operating in India between 2015 and 2017. In their study, panel data analysis was used, with ROA and Tobin's Q as the dependent variables and ESG scores, leverage ratio, and total asset size as the independent variables. The analysis found that ESG had a positive and statistically significant impact on Tobin's Q and ROA.

Chang and Lee (2022) investigated the impact of ESG scores on company performance for 87 companies operating in South Korea between 2002 and 2020. In their panel data model, Tobin's Q was used as the dependent variable, while ESG scores, company size, number of employees, foreign investment share, and industrial characteristics were included as independent variables. The study concluded that ESG had a significant and positive impact on Tobin's Q.

A summary of some of the limited studies conducted on companies operating in Turkey on this topic is provided below.

Korkmaz and Nur (2023) investigated the impact of ESG scores on the performance of 6 banks listed in the BIST Bank Index between 2013 and 2021. In their study, ESG scores, company size (number of employees), and company age were used as independent variables, while ROA was used as the dependent variable. The analysis found that ESG had a statistically significant and positive impact on ROA.

Karyağdı & Şit (2023) analysed the impact of ESG scores on the cost of capital and financial performance of 13 companies listed in the BIST Sustainability-25 Index for the period 2018-2022. In their study, ESG scores were used as independent variables, while ROA, P/B ratio, and financing expenses/net sales ratio were used as dependent variables in the models. The analysis revealed that ESG had a positive impact on ROA for the companies studied.

Mollaahmetoğlu (2023) examined the impact of ESG scores on the financial performance (ROA and ROE) of 24 companies listed in the Borsa Istanbul 30 index for the period 2010-2020. The study used panel data analysis and found a statistically significant but negative relationship between ESG and ROA, while no statistically significant relationship was found between ESG and ROE.

Data and Methodology

Formation of the Data Set

In this study, data from 16 manufacturing companies listed on the Borsa Istanbul (BIST) were used. All of these companies are included in the BIST Industrial Index (XUSIN). A balanced panel data set covering the five periods from 2018 to 2022 was created. While there were 229 companies listed in the XUSIN index as of July 31, 2024 (<https://www.borsaistanbul.com/tr/endeks-detay/156/bist-sinai>), only 16 companies were included in the study due to the lack of sustainability reports or the irregular publication of such reports by many companies. Consequently, the number of periods in the study was also limited. Due to the annual disclosure of ESG data, the research was conducted based on annual data.

The ESG data used in the study were obtained from the Thomson Reuters Eikon database, while the financial data related to the companies were acquired using the FINNET 2000+ program provided by FINNET Elektronik Yayıncılık Data İletişim San. Tic. Ltd. Company.

Dependent and Independent Variables

A comprehensive literature review was conducted to select the dependent and independent variables for the study. The most commonly used performance measure for company performance is the Return on Assets (ROA) ratio (Topak, 2018). Additionally, the Tobin's Q variable was used alongside ROA as a performance measure to investigate the impact of ESG on the company's market value. The Tobin's Q ratio accounts for the market value of the company, thus also measuring the performance of the company's stock from the market perspective.

The independent variables included in the models designed to explain the variability in ROA and Tobin's Q are ESG scores

obtained from the companies' sustainability reports, company size, leverage ratio, current ratio, asset turnover ratio, interest coverage ratio, and revenue growth rate. The natural logarithms of ESG scores and company size variables were taken and included in the models.

Table 1. Information Regarding the Variables.

Variables and Notation	Description	Details	
Dependent Variables	ROA	Asset Profitability Ratio	Net Profit / Average Assets Total
	Tobin's Q	Tobin's Q Ratio	(Book Value of Total Assets – Book Value of Equity + Market Value of Equity) / Book Value of Total Assets
Independent Variables	ESG	Environmental, Social, and Governance Scores	Derived from the sustainability report, with its natural logarithm applied.
	SIZE	Company Size	The natural logarithm of total assets was taken.
	LEV	Leverage Ratio	Financial Liabilities / Equity
	CR	Current Ratio	Current Assets / Short-Term Liabilities
	ATO	Asset Turnover Ratio	Net Sales / Average Assets
	ICR	Interest Coverage Ratio	Earnings Before Interest and Tax / Financing Expenses
	RGR	Revenue Growth Rate	Percentage Change in Revenue Compared to the Previous Period

The summary statistics of the dependent and independent variables are included in Table 2. The annual average ROA of the 16 companies within the scope of the research between the 2018-2022 periods was 10.43%. The average Tobin's Q ratio of the companies in the same period is 2.43.

Table 2. Descriptive Statistics of Variables

	Number of Observations	Average	Std. Deviation	Minimum	Maximum
ROA	80	0.1044	0.1002	-0.1731	0.3725
Tobin's Q	80	2.4332	2.1128	0.58	14.22
ESG	80	3.9565	0.7113	1.45582	4.5448
SIZE	80	10.3631	0.4964	9.4648	11.5412
LEV	80	0.8712	0.7689	0	5.3817
CR	80	2.6641	3.2655	0.48	14.91
ATO	80	1.2131	0.7498	0.39	4.04
ICR	80	6.7760	21.6472	0	190.85
RGR	80	1.0319	1.4626	-0.726	8.651

The results of the correlation analysis for the variables used in the study are presented in Table 3. The direction of the relationship between the ESG scores and the company performance measures, ROA and Tobin's Q, is positive.

Methodology

The study investigating the impact of ESG scores on company performance employed the panel data analysis method. Two models were established, with the ROA and Tobin's Q ratios selected as indicators of company performance, serving as the dependent variables. The independent variables used in both models are the same, and detailed information about these variables is provided in Table 1.

$$ROA_{it} = \beta_0 + \beta_1 ESG_{it} + \beta_2 SIZE_{it} + \beta_3 LEV_{it} + \beta_4 CR_{it} + \beta_5 ATO_{it} + \beta_6 ICR_{it} + \beta_7 RGR_{it} + u_{it} \quad (\text{Model 1})$$

$$Tobin's Q_{it} = \beta_0 + \beta_1 ESG_{it} + \beta_2 SIZE_{it} + \beta_3 LEV_{it} + \beta_4 CR_{it} + \beta_5 ATO_{it} + \beta_6 ICR_{it} + \beta_7 RGR_{it} + u_{it} \quad (\text{Model 2})$$

To determine the most appropriate panel data model for the dataset used in the study, the presence of unit and/or time effects was first investigated using various tests. The results of these tests are presented in Table 4.

In the model where ROA is the dependent variable, the F-test conducted to investigate the presence of unit effects indicates

Table 3. Results of the Correlation Analysis

	ROA	Tobin's Q	ESG	SIZE	LEV	CR	ATO	ICR	RGR
ROA	1.0000								
Tobin's Q	0,2326	1.0000							
ESG	0.0372	0.0901	1.0000						
SIZE	-0.0537	-0.1520	0.4118	1.0000					
LEV	-0.3240	0.2278	0.2975	0.0375	1.0000				
CR	0.1566	-0.1368	-0.7814	-0.2980	-0.388	1.0000			
ATO	0.3055	0.2442	0.4153	0.2358	-0.0468	-0.4098	1.0000		
ICR	0.0581	-0.0122	-0.2949	-0.0023	-0.1709	0.1534	-0.0595	1.0000	
RGR	0.3283	0.1124	0.0644	0.2236	-0.1724	-0.0835	0.3660	-0.0607	1.0000

Table 4. Tests Used to Investigate the Presence of Unit and/or Time Effects

Dependent Variables:		Model 1 ROA		Model 2 Tobin's Q	
	Tests	Test Statistics	P-Value	Test Statistics	P-Value
Unit Effect	F test	1.96	0.0351	8.47	0.0000
	LR test	1.54	0.108	27.23	0.000
	Two-sided LM Test	1.57	0.1054	22.24	0.0000
Time Effect	F test	0.48	0.7521	2.43	0.0563
	LR test	0.00	1.0000	1.26	0.131
	Two-sided LM Test	0.00	1.0000	0.00	1.0000

that the null hypothesis is rejected at the 5% significance level, while the results of the LR test and LM test suggest that the null hypothesis cannot be rejected. Based on the F-test, the presence of unit effects is accepted, whereas the LR and LM tests suggest that there is no unit effect. Given that the null hypothesis is not rejected by the tests other than the F-test, it is concluded that there is no unit effect.

To determine the presence of time effects in Model 1, the results of the F-test, LR test, and LM tests indicate that the null hypothesis cannot be rejected at the 5% significance level in all three tests. In other words, based on the results of these tests, it is concluded that there is no time effect in the model.

In Model 2, where Tobin's Q is the dependent variable, the F-test, LR test, and LM test results indicate a unit effect at the 1% significance level. However, the results of all three tests show that there is no time effect at the 5% significance level in Model 2.

To determine whether the unit effects in Model 2 are random or fixed, the Hausman test (1978) and the Robust Hausman (R-Hausman) test were applied. The results of the Hausman and R-Hausman tests, as presented in Table 5, differ. At this point, the decision was based on the result of the Robust Hausman test. According to the R-Hausman test result, the Random Effects Model is preferred at the 5% significance level.

Table 5. Hausman Test

Model 2		
Tests	Test Statistics	P-Value
Hausman	27.95	0.002
R-Hausman	2.01	0.9594

The results of the VIF (Variance Inflation Factor) test, conducted to investigate the presence of multicollinearity among the independent variables, are presented in Table 6. All variables have a VIF (1980) criterion below 5.0. The average VIF value is 1.82. Therefore, there is no multicollinearity problem among the variables.

Table 6. VIF Test

Independent Variables	VIF Values
ESG	3.27
SIZE	2.98
LEV	1.49
CR	1.31
ATO	1.30
ICR	1.26
RGR	1.17
VIF Average	1.82

In the panel data models, it is assumed that the error terms have homoscedasticity (equal variance) within and across units, are free from autocorrelation, and there is no correlation between units. Additionally, a normality test must also be conducted. The tests conducted to examine deviations from these assumptions and their results are presented in Table 7.

Table 7. Tests Used to Examine Deviations from Assumptions

	Model 1 (ROA)			Model 2 (Tobin's Q)	
	Tests	Test Statistics	P-Value	Test Statistics	P-Value
Normal Distribution Test	Jarque-Bera Test (1987)	31.27	0,000		
	D'Agostino, Belanger, and D'Agostino Test (1990)			11.36	0.0034
Heteroscedasticity Test	White Testi (1980)	63.10	0.0025		
	Levene (1960), Brown & Forsythe Test (1974)			$W_0 = 3.3079$	0.0004
				$W_{50} = 1.5678$	0.1086
			$W_{10} = 3.3079$	0.0004	
Auto-correlation Test	Durbin-Watson Test	1.1194			
	Bhargava, Franzini, & Narendranathan's DW Test (1982)			2.1401771	2.3920081
BAK Test	Juodis and Reese (2022) Weighted CDw+ Test	105.64	0.0000	54.94	0.0000
Specification Test	Ramsey RESETF3 Test (1969)	0.171	0.9155	8.954	0.0000

In Model 1, the normality test was conducted using the Jarque-Bera Test (1987), and it was determined that the data did not follow a normal distribution at the 1% significance level. The presence of heteroscedasticity across units was investigated using the White Test, which indicated a heteroscedasticity problem at the 1% significance level. The DW test revealed first-order autocorrelation in the model, as the test statistic was less than 2. The presence of cross-sectional correlation was examined using the Juodis & Reese (2022) Weighted CDw+ test, which confirmed cross-sectional correlation at the 1% significance level. According to the Ramsey Reset test (1969), there are no specification errors in the model, and the model is correctly specified.

In Model 2, the normality test was conducted using the D'Agostino, Belanger & D'Agostino Test (1990), and it was determined that the data did not follow a normal distribution at the 1% significance level. The Levene (1960), Brown, and Forsythe tests (1974) indicated the presence of heteroscedasticity. According to the Bhargava, Franzini & Narendranathan DW test (1982), no autocorrelation was found in the model, as the test statistic was greater than 2. The cross-sectional correlation test, conducted

using the Juodis & Reese (2022) Weighted CDw+ test, confirmed cross-sectional correlation in the model at the 1% significance level. The Ramsey Reset test indicated no specification errors, and the model was correctly specified.

Based on the findings from the tests of deviations from assumptions, robust estimators were applied using Driscoll & Kraay (1998) standard errors to arrive at the final models in both cases. The results of the models are presented in Table 8.

Table 8. Regression with Driscoll & Kraay (1998) Standard Errors and Robust Estimators

Dependent Variables	Model 1 ROA		Model 2 Tobin's Q	
	Coefficient	P-Value	Coefficient	P-Value
Independent Variables				
ESG	0.0361	0.057	2.2684	0.026
SIZE	-0.034	0.021	-0.5505	0.455
LEV	-0.0238	0.042	0.5546	0.010
CR	0.0112	0.120	0.2419	0.023
ATO	0.0393	0.020	0.0187	0.974
ICR	0.00036	0.141	0.0055	0.094
RGR	0.0168	0.070	0.0433	0.753
Constant	0.2356	0.027	-2.02404	0.702
Parameter				
F Test	212.08	0.0001		
Wald chi2(7)			1326.72	0.0000
R ²	0.2909			
Overall R ²			0.0246	

According to the results of the F-test, which indicates the overall significance of Model 1, the variability in ROA is explained by the independent variables collectively at a 99% confidence level. The independent variables account for approximately 29% of the variability in ROA. The ESG variable is statistically significant at a 90% confidence level and has a positive effect on ROA. In other words, an increase in ESG scores enhances the company's performance (ROA). Among the other independent variables in the model, SIZE, LEV, and ATO are significant at a 95% confidence level, while RGR is significant at a 90% confidence level. An increase in SIZE and LEV negatively affects ROA, while an increase in ATO and RGR positively affects ROA. However, the variables CR and ICR did not have a significant impact on ROA.

In Model 2, the Wald test, which indicates the overall significance of the model, shows that the independent variables collectively explain the variability in Tobin's Q at a 99% confidence level. The independent variables account for approximately 2.5% of the variability in Tobin's Q. The ESG variable is statistically significant at a 95% confidence level and positively affects Tobin's Q. In other words, an increase in ESG scores enhances the company's performance (Tobin's Q). Among the independent variables, LEV and CR are significant at a 95% confidence level, while ICR is significant at a 90% confidence level. An increase in these variables positively affects the Tobin's Q ratio. However, SIZE, ATO, and RGR did not have a significant effect on Tobin's Q.

According to the above study, which looks into how ESG scores affect company performance, higher ESG scores have a positive impact on ROA at a 90% confidence level and Tobin's Q at a 95% confidence level. An improvement in the ESG scores, which encompass the company's environmental, social, and governance aspects, positively impacts the company's performance. The findings of this study, which indicate that an increase in ESG scores positively affects the company's profitability, are consistent with the results of studies conducted by Ortas et al. (2015), Velte (2017), Dalal & Thaker (2019), Alareeni & Hamdan (2020), Ting et al. (2020), Korkmaz & Nur (2023), and Karyađdı & Őit (2023). On the other hand, the results differ from the findings of studies conducted by Lee et al. (2018) and Mollaahmetođlu (2023).

The positive impact of an increase in ESG scores on the Tobin's Q performance measure, which also considers the company's market value, aligns with the results of studies conducted by Ortas et al. (2015), Dalal & Thaker (2019), Alareeni & Hamdan (2020), Ting et al. (2020), Wu et al. (2022), and Chang & Lee (2022). However, the obtained result is not consistent with the findings of Lee et al. (2018).

Conclusion

In today's world, the demand from stakeholders for environmental, social, and governance (ESG) scores is steadily increasing. For companies, disclosing this non-financial information has become a voluntary obligation. Investors prefer to invest in companies that are more sustainable and responsible, considering their ESG performance. As the concept of sustainability becomes increasingly important for companies, the relationship between sustainability performance and financial performance has started to be investigated. In this context, the impact of the ESG scores of companies operating in Turkey, a developing country, on their performance and the direction of this impact is important for investors.

The study used data from 16 manufacturing companies listed on Borsa Istanbul. All these companies are included in the BIST Industrial Index (XUSIN). For this purpose, a balanced panel dataset covering five periods between 2018 and 2022 was created. Two models were established in which ROA and Tobin's Q ratios, selected as indicators of company performance, were used as dependent variables. In this context, the study investigated the impact of ESG scores on performance measures both in terms of the performance derived from the companies' intra-period activities and reflected in their financial statements, as well as the stock market performance of their shares. The independent variables used in the established models include company size, leverage ratio, current ratio, asset turnover ratio, interest coverage ratio, and revenue growth rate, in addition to the ESG scores. In the analysis, the presence of unit and/or time effects, multicollinearity issues, specification errors, and deviations from assumptions (heteroskedasticity, autocorrelation, inter-unit correlation) were tested for the models to be established. Based on the findings obtained, the final models were estimated using robust estimators with Driscoll & Kraay (1998) standard errors. The analysis results found both models were significant at a 99% confidence level. The ESG variable is statistically significant at a 90% confidence level for ROA and at a 95% confidence level for Tobin's Q, with a positive impact on both performance measures. The positive developments in the sustainability performance values (ESG) of companies positively affect the company's profitability (ROA) and stock market performance (Tobin's Q). It can be stated that companies with higher ESG scores are better managed and that this positively reflects on their profitability, which in turn positively impacts stock prices. This result may be significant for investors when selecting companies for their portfolios and for company managers regarding the importance of being sensitive to environmental, social, and governance values and preparing sustainability reports.

The study's main limitation is the relatively small number of companies and periods examined. Due to the absence of sustainability reports for many companies or their failure to publish them regularly each year, the research dataset had to be created with a limited number of companies and period lengths. In the future, as more companies publish sustainability reports, there will be a need for studies that include more comprehensive data.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Conception/Design of study: H.İ.A., M.S.T.; Data Acquisition: H.İ.A.; Data Analysis/Interpretation: H.İ.A., M.S.T.; Drafting Manuscript: M.S.T.; Critical Revision of Manuscript: M.S.T., H.İ.A.; Final Approval and Accountability: M.S.T., H.İ.A.

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:

Halil İbrahim Akpınar 0009-0003-2236-7284
 Mehmet Sabri Topak 0000-0003-2753-9834

REFERENCES

- Alareeni, B.A. & Hamdan, A. (2020). ESG impact on performance of US S&P 500-listed firms. *Corporate Governance*, 20(7), 1409-1428.
- Belsley, D. A., Kuh, E., & Welsch, R. E. (1980). *Regression Diagnostics: Identifying Influential Data and Sources of Collinearity*. Wiley.
- Bhargava, A., Franzini, L., & Narendranathan, W. (1982). Serial Correlation and the Fixed Effects Model. *The Review of Economic Studies*, 49(4), 533-549.
- Brown M. B. & Forstyle A. B. (1974) The Small Sample Behavior of Some Statistics Which Test the Equality of Several Means. *Technometrics*, 16 129-132.
- Carnini Pulino, S., Ciaburri, M., Magnanelli, B. S., & Nasta, L. (2022). Does ESG disclosure influence firm performance? *Sustainability*, 14(13), 75-95.
- Chang, Y. J., & Lee, B. H. (2022). The impact of ESG activities on firm value: Multi-level analysis of industrial characteristics. *Sustainability*, 14(21), 14444.
- Cheng, M., Green, W., Conradie, P., & Romi, A. (2014). *The International Integrated Reporting Framework: Key Issues and Future Research*

- Opportunities. *Journal of International Financial Management and Accounting*, 25(1), 90–119.
- Dalal, K. K., & Thaker, N. (2019). ESG and Corporate Financial Performance: A Panel Study of Indian Companies. *IUP Journal of Corporate Governance*, 18(1), 44- 59.
- Driscoll, J., & Kraay, A. C. (1998). Consistent Covariance Matrix Estimation with Spatially Dependent Data. *Review of Economics and Statistics*, 80, 549-560. <https://doi.org/10.1162/003465398557825>.
- D'Agostino R.B., Belanger A., D'Agostino R.B., 1990, "Suggestion for Using Powerful and Informative Tests of Normality, *The American Statistician*, 44 (4), 316-321.
- Hausman J. A., (1978), Specification Test in Econometrics, *Econometrica*, 46 (6), 1251.1271.
- Jarque C. M., Bera A. K., (1987) A Test for Normality of Observations and Regression Residuals , *International Statistical Review*, 55 (2), 163-172.
- Karyağdı, N. G., & Şit, A. (2023) İşletmelerin ESG Performanslarının Sermaye Maliyeti ve Finansal Performansına Etkisi: Bist Sürdürülebilirlik-25 Endeksi Üzerine Bir Uygulama. *Bucak İşletme Fakültesi Dergisi*, 6(2), 277-292.
- Klein, J.G. & Dawar, N. (2004), Corporate Social Responsibility and Consumers Attributions and Brand Evaluations in Product Harm Crisis. *International Journal of Research in Marketing*, 21(3), ss. 203-217.
- Korkmaz, T. & Nur, T. (2023). The Effect of ESG Sustainability on Firm Performance: A View under Size and Age on BIST Bank Index Firms. *Journal of Research in Economics, Politics & Finance*, 8(2): 208-223.
- Kuhlman, T., & Farrington, J., 2010. What is sustainability?. *Sustainability*, 2(11), 3436-3448.
- Landi, G., & Sciarelli, M. (2019). Towards a more ethical market: the impact of ESG rating on corporate financial performance. *Social responsibility journal*, 15(1), 11-27.
- Lee, J. H., Kang, Y. S., & Kim, S. S. (2018). Corporate social responsibility and financial performance in Korean retail firms. *Journal of Distribution Science*, 16(5), 31-43.
- Levene H., (1960), Robust Test for Equality of Variannces in Olkin I., Ghurye G., Hoefding W., Madow W. G. and Mann H. B. (eds.), Contributions to Probability and Statistics: Stanford, California: Stanford University Press, 278-292.
- Mollaahmetoğlu E. (2023). ESG Skorları Finansal Performansı Etkiliyor Mu? Borsa İstanbul'dan Kanıtlar, Teorik ve Uygulamalı Sürdürülebilirlik Çalışmaları, Nobel Akademik Yayıncılık, 179-191.
- Ortas E., Alvarez I., & Garayar A. (2015). The Environmental, Social, Governance, and Financial Performance Effects on Companies that Adopt the United Nations Global Compact. *Sustainability*. 7(2) 1932-1956; doi:10.3390/su7021932.
- Ramsey, J. B. (1969). Tests for Specification Errors in Classical Linear Least-Squares Regression Analysis. *Journal of the Royal Statistical Society*, 31, 350-371.
- Shih, C. M., Gwizdalski, A., & Deng, X. (2023). Building a Sustainable Future: Exploring Green Finance, Regenerative Finance, and Green Financial Technology. *World Scientific Annual Review of Fintech*, 1, 2350002.
- Şişman, E. M., & Çankaya, S. (2021). Çevresel, Sosyal ve Kurumsal Yönetişim (ESG) Verilerinin Firmaların Finansal Performansına Etkisi: Hava Yolu Sektörü Üzerine Bir Çalışma. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 25(1), 73–91.
- Taliento M, Favino C & Netti A. (2019). Impact of Environmental, Social, and Governance Information on Economic Performance: Evidence of a Corporate 'Sustainability Advantage' from Europe. *Sustainability*. 11(6):1738.
- Topak, M.S. (2018). Çalışma Sermayesi Yönetiminin Karlılığa Etkisi: BIST Ticaret Endeksi Üzerine Bir Araştırma. *Mali Çözüm Dergisi*, 28, 71-93.
- Ting, I. W. K., Azizan, N. A., Bhaskaran, R. K., & Sukumaran, S. K. (2020). Corporate Social Performance and Firm Performance: Comparative Study Among Developed and Emerging Market Firms. *Sustainability*, 12(1), 26-35.
- Velte, P. (2017), "Does ESG performance have an impact on financial performance? Evidence from Germany", *Journal of Global Responsibility*, 8(2), 169-178.
- White Halbert (1980). A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and A Direct Test for Heteroskedasticity, *Econometrica*, 48, 817-838.
- Wu, S., Li, X., Du, X., & Li, Z. (2022). The impact of ESG performance on firm value: The moderating role of ownership structure. *Sustainability*, 14(21), 14507.

How cite this article

Akpınar, H.İ., & Topak, M.S. (2024). The effect of ESG (Environmental, Social And Governance) scores on company performance: Evidence from the manufacturing industry in Turkey. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 41, 109-117. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.41.1540173>

İnsani Gelişme – Çevre Kalitesi Bağlantısının Analizi: Türkiye İçin Yeni Kanıtlar*

Analysing the Linkage between Human Development and Environmental Quality: Fresh Evidence from Türkiye

Burhan Durgun¹ 

¹(Arş. Gör. Dr.), Dicle Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

*Bu çalışma, 31 Mayıs-2 Haziran 2024 tarihleri arasında düzenlenen VII. Anadolu International Conference on Economics (EconAnadolu 2024) adlı konferansta sunulan bildirinin tam metnidir.

ÖZ

Antropojenik faaliyetlerdeki artışların neden olduğu iklim değişikliği hem bugünü hem de geleceği tehdit etmektedir. Bu anlamda, artan sera gazı salınımı, sürdürülebilirliğin önündeki en büyük engellerden biridir. Çevresel bozulmaya etki eden faktörlerin belirlenmesi, bu sorunun etkilerini azaltmaya yönelik politikaların geliştirilmesinde faydalı olabilmektedir. Çevresel bozulmayı ifade etmek için sıklıkla karbon emisyonu kullanılsa da sera gazı emisyonları daha kapsamlı bir göstergedir. Çevresel bozulmanın büyüme ile ilişkisini araştıran çalışmalar fazla olmasına rağmen kalkınma ile ilişkisini araştıran literatür hala zayıftır. Bu bağlamda bu çalışmada Türkiye’de 1990-2021 döneminde kalkınmanın kapsamlı bir göstergesi olarak kabul gören insani gelişme endeksi, insani gelişme endeksinin alt endeksleri ve kentleşmenin sera gazı emisyonları üzerindeki etkisi genişletilmiş ARDL yöntemiyle incelenmiştir. Sınır testi sonuçları değişkenlerin eşbütünleşik olduğunu göstermiştir. Uzun dönem esnekliklerine göre gelir boyutu ve kentleşme çevresel bozulmayı artırırken eğitim boyutu az da olsa çevreyi koruyucu etkide bulunmaktadır. İnsani gelişme endeksi ve sağlık endeksinin çevresel bozulmaya etkisi ise istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Ancak sağlamlık kontrolü yapıldığında insani gelişme endeksinin etkisinin anlamlı olduğu görülmektedir. Çevre kalitesinin yükselmesi için üretim sürecinde fosil yakıtların ağırlığının azaltılması ve yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması gerekmektedir. Ayrıca eğitim hizmetleri daha kapsayıcı ve daha eşit bir şekilde sunulmalıdır. Son olarak kentleşmenin çevre kirletici etkisinin azaltılması için kentlerin sürdürülebilirlik kabiliyetlerinin artırılması gerekmektedir.

ABSTRACT

Climate change caused by increases in anthropogenic activities threatens both the present and the future. In this sense, increasing greenhouse gas (GHG) emissions are one of the biggest obstacles to sustainability. Identifying the factors that contribute to environmental degradation (ED) can be useful in designing policies to mitigate the effects of this problem. Although carbon emissions are frequently used as a metric for assessing ED, GHG emissions offer a more comprehensive indicator. While numerous studies have examined the relationship between ED and economic growth, the existing literature on the relationship between ED and development remains limited. In this context, this study examines the impact of the human development index, which is accepted as a comprehensive indicator of development, sub-indices of the human development index and urbanisation on GHG emissions in Türkiye for the period 1990-2021 using the augmented ARDL method. The bounds test results indicate that the variables are co-integrated. In the long run, the income dimension and urbanisation contribute ED, while the education dimension has a slightly protective effect on the environment. The effects of the human development index and the health index on environmental degradation are statistically insignificant. However, when the robustness check is conducted, the effect of the human development index is found to be significant. To enhance environmental quality, it is imperative to diminish the reliance on fossil fuels in the production process and augment investments in renewable energy. It is also recommended that education services become more inclusive and equitable. Ultimately, to mitigate the harmful environmental consequences of urbanisation, it is crucial to enhance the sustainability capacities of urban centres.

Anahtar Kelimeler: İnsani Gelişme Endeksi, Sera Gazı Emisyonu, Çevresel Bozulma, Genişletilmiş ARDL

Keywords: Human Development Index, Greenhouse Gas Emissions, Environmental Degradation, Augmented ARDL

Corresponding Author: Burhan Durgun **E-mail:** burhan.durgun@dicle.edu.tr

Submitted: 29.08.2024 • **Accepted:** 06.11.2024



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

EXTENDED SUMMARY

Climate change caused by increases in anthropogenic activities threatens both the present and the future. In this sense, rising greenhouse gas (GHG) emissions are one of the biggest obstacles to sustainability. The identification of factors that either positively or negatively impact environmental degradation is a valuable step in the development of policies designed to mitigate the effects of this problem. Carbon emissions are often used as a proxy for environmental degradation. However, GHG emissions are a more comprehensive indicator that also includes carbon compounds.

This study is based on the assumption that the various dimensions of human development may exert disparate impacts on environmental quality. Unlike previous studies, human development is included in the econometric model both in general and in its components such as education, health and income. Moreover, GHG emissions, which are a more encompassing measure than carbon emissions, are employed as an environmental quality variable. By incorporating urbanisation rates into the model as a control variable, it becomes evident how urbanisation impacts sustainability. The research questions of this study are i) how does human development affect environmental quality and ii) is there a difference in the effects of human development components on environmental quality? The absence of any other study in the literature that analyzes the impact of human development on environmental quality by decomposing it into its components has been a significant motivating factor in the development of this study.

Although numerous studies have been conducted to examine the relationship between environmental degradation and economic growth, the existing literature on the relationship between environmental degradation and development remains limited. Some studies have generally emphasised the mitigating effect of human development on environmental degradation. The literature on the relationship between education, health and income indicators and environmental degradation, on the other hand, has emphasised the environment-protective effect of these three dimensions, with contrasting results.

In this study, the effect of the sub-indices of the human development index, which is widely accepted as a comprehensive indicator of development, on GHG emissions in Türkiye for the period 1990-2021 is analysed with the augmented ARDL method. In the study, two models were constructed with GHG emissions as the dependent variable. The independent variables are the Human Development Index in the first model and the sub-indices of education, health, and income in the second model. In both models, urbanisation rate is used as a control variable.

The stationarity of the variables was tested with the Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Phillips-Perron (PP) unit root tests. Furthermore, the stationarity analysis was repeated with the Zivot-Andrews (ZA) unit root test, which also identified the structural breaks in the model. The AARDL procedure, as proposed by Sam et al. (2019), is more effective than the traditional ARDL method in detecting the relationship between variables.

The ADF and PP unit root tests show that all variables except urbanisation are stationary at first differences. The ADF test indicated an I(2) process for urbanisation, while the PP unit root test indicated stationarity at the level. The unit root test with the ZA break reported that the stationary process is valid in the first difference for all variables. The bounds test results show that the variables are co-integrated in both models and that there is no degenerate case in the models. The long-run elasticities indicate that increases in income and urbanisation are associated with heightened environmental degradation. Conversely, the education dimension exerts a slight protective effect on the environment. The effects of the human development index and the health index on environmental degradation are statistically insignificant. However, when the robustness check was conducted with the FMOLS method, the effect of the human development index was found to be significant.

The results for Türkiye indicate the necessity for the implementation of policies aimed at reducing environmental degradation. Primarily, the proportion of fossil fuels in primary energy consumption should be reduced, while investments in renewable energy should be increased. To reduce the environmental impact of production processes, regulations should be enacted, particularly in relation to energy efficiency and conservation. Furthermore, it is crucial to expand the scope of educational services to encompass a more inclusive and equitable approach. It is also essential to incorporate environmental awareness into the educational process and to provide support for research and development studies on green technologies at the post-secondary level.

Giriş

Büyük ekonomik ilerlemelerin kaydedildiği dünyada gelişme safhası, kirlilik ve iklim değişikliği gibi ciddi çevresel sorunları da beraberinde getirmiştir. Hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme, artan enerji talebiyle birlikte çevresel sürdürülebilirliği tehdit etmektedir (Kırıkkaleli vd., 2023). Sürdürülebilir çevre ve ekonomik kalkınmanın hedeflendiği dünyada kirlilikle birlikte doğal kaynakların tükenmesi, daha yüksek karbon emisyonları, küresel ısınma ve ekonomik büyüme yoluyla geri dönüştürülemeyen atıkların birikmesi, çevre politikalarının ve akademik çalışmaların temel konuları haline gelmiştir (Lee vd., 2022). Bu konulardan biri olan sera gazı emisyonları da ekosistemler ve insan faaliyetleri üzerinde önemli etkiler yaratarak küresel ısınmaya ve işgücü verimliliğinin düşmesine neden olmaktadır. Bu emisyonlar, sürdürülebilir kalkınmanın önündeki büyük engellerden biridir (Georgescu ve Kinnunen, 2024). Sera gazı emisyonlarını azaltan etkenleri ortaya çıkarmak ve bu mekanizmaları devreye almak çevreye feda edilmeyen bir kalkınma süreci için büyük önem arz etmektedir.

Genel olarak gelişmiş ülkeler küresel çevresel bozulmadan sorumlu tutulmaktadır. Ancak gelişmekte olan ülkelerde bilinçsiz doğal kaynak tüketimi ve çok fazla katı ve endüstriyel atık kullanımı yoluyla meydana gelen hava, su ve toprak kirliliği de çevresel tahribatın artmasına katkı yapmaktadır (Aytun vd., 2024). Ancak gelişme yolundaki ülkeler için enerji kullanımı istihdam yaratma, tarım, ulaşım, ticaret, sanitasyon hizmetleri, eğitim kalitesi ve gıda güvenliği için kritik önem arz etmektedir (Karekezi vd., 2012). Bu yüzden ağırlığı fosil yakıtlardan oluşan enerjilerin kullanımıyla kirlenen çevre gelişmekte olan ülkelerde gelişim sürecinin maliyeti olarak ortaya çıkmaktadır.

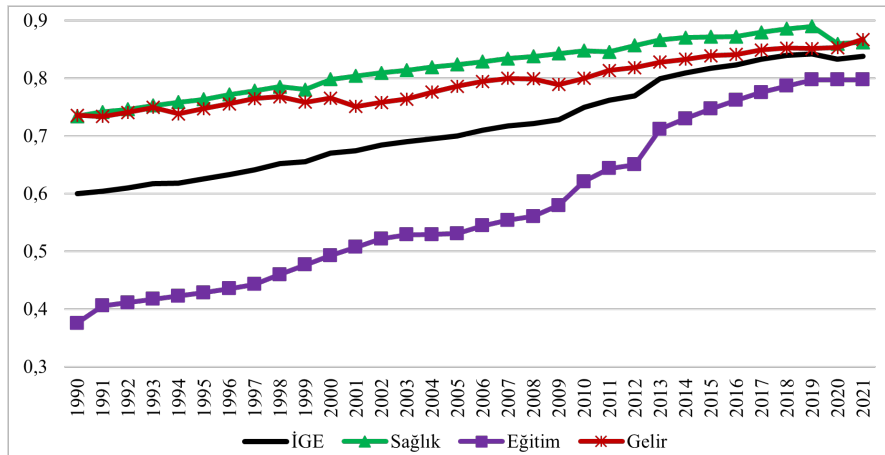
Ekonomik faaliyetlerin çevre üzerindeki etkisi değerlendirilirken sıkça kullanılan gayrisafi yurt içi hasıla verileri çevre kalitesinin sadece ekonomik büyümeyle ilişkilendirilmesine neden olmaktadır. Büyüme ile birlikte merkezine insanı alan kalkınma göstergelerinin kullanılması bu ilişkinin daha kapsamlı bir şekilde ele alınmasını sağlayabilmektedir.

Kalkınma düzeyini ifade edebilecek gösterge arayışının olduğu yıllarda Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) insani gelişme endeksini ortaya atmıştır. Temel olarak bireyin seçimlerinin genişletilmesi süreci olarak ifade edilen insani gelişme uzun ve sağlıklı bir hayat, bilgi edinme ve iyi bir hayat standardı gibi üç ana unsura dayanmaktadır (UNDP, 1990:10). Bu bakımdan insani gelişme endeksi büyümeye göre refahın daha kapsamlı bir göstergesi olmaktadır.

Bu çalışmada insani gelişmenin çevre üzerindeki etkisi ampirik yöntemlerle araştırılmıştır. Çalışma Türkiye'nin 1990-2021 dönemini ele almaktadır. Önceki çalışmalardan farklı olarak insani gelişme hem genel olarak hem de eğitim, sağlık ve gelir gibi bileşenlerine ayrılarak ekonometrik modele dahil edilmiştir. Ayrıca çevre kalitesi değişkeni olarak karbon emisyonundan daha geniş kapsamlı olan sera gazı emisyonu kullanılmıştır. Çalışma metodolojik olarak da diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Çalışmada yöntem olarak klasik gecikmesi dağıtılmış otoregresif sınır testi (ARDL) yönteminin genişletilerek uygulandığı Genişletilmiş ARDL (AARDL) prosedürü tercih edilmiştir. Böylece muhtemel ilişkiler daha sağlam bir şekilde tahmin edilebilmektedir. Bunun yanında tahminlemelerde yapısal değişimler de dikkate alınmıştır. Bu çalışmanın araştırma soruları, i) insani gelişme çevre kalitesini nasıl etkiler? ve ii) insani gelişme bileşenlerinin çevre kalitesi üzerindeki etkilerinde farklılık var mıdır? şeklindedir. Literatürde insani gelişmeyi bileşenlerine ayırarak çevre kalitesi üzerindeki etkisini inceleyen başka bir çalışmaya rastlanılmaması çalışmanın şekillenmesinde motivasyon kaynağı olmuştur. Çalışmada modellere eklenen kentleşme değişkeniyle model genişletilerek modernleşme göstergelerinden biri olan kentleşmenin (York vd., 2010) çevre üzerindeki etkisini ifade eden ekolojik modernleşme teorisi de doğrusal olarak test edilmiştir.

Çalışmanın bundan sonraki kısımlarında ilk olarak Türkiye'de insani gelişmenin ve sera gazı emisyonunun seyri değerlendirilmiştir. Daha sonra konuyla ilgili literatürün özeti sunulmuştur. Ampirik bölümde kullanılan veri ve yöntemler tanıtılmış sonrasında analiz bulguları yorumlanmıştır. Sonuç bölümünde ise genel değerlendirmeye birlikte politika önerilerinde bulunulmuştur.

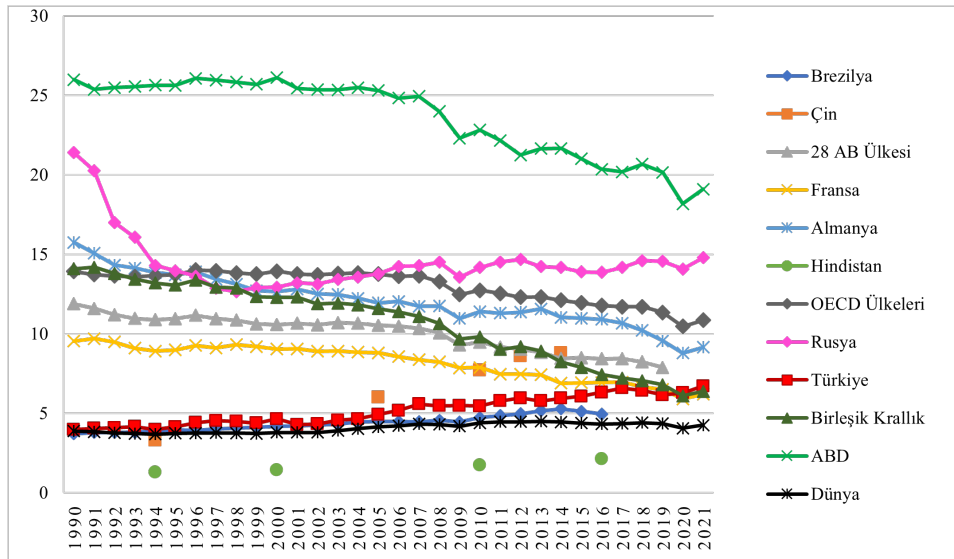
Türkiye'de insani gelişmenin seyri Şekil 1'de yer almaktadır. İnsani gelişme endeksi ve alt endekslerin yer aldığı grafiğe göre zaman serisinin başında Türkiye orta insani gelişmişlik seviyesinde bulunmakta, 2005'te yüksek insani gelişmişliğe 2014'te ise çok yüksek insani gelişmişliğe erişmiştir. Bileşen katkılarına bakıldığında ise sağlık, gelir ve eğitim şeklinde sıralanmaktadır. Endekste pandeminin yaşandığı 2020 yılı hariç sürekli yükseliş gerçekleşmiştir. Bu istisnanın oluşmasında sağlık endeksindeki büyük düşüşün etkisi görülmektedir. Kriz yılları (1994, 2001, 2009) ve 1999 depremi gelir endeksinde düşüşe neden olmuştur. Eğitim endeksi ise özellikle 2009 yılında yeni üniversitelerin açılması ve üniversite kontenjanlarının artmasıyla büyük bir artış kaydetmiştir.



Şekil 1. Türkiye'de İnsani Gelişme ve Alt Endeksleri, (1990-2021)

Kaynak: UNDP, 2022.

Türkiye’de 1990-2021 yılları arasında kişi başına sera gazı emisyonu miktarı Şekil 2’de görüldüğü üzere genel bir artış eğilimi göstermiştir. 1994, 2001, 2008 gibi kriz yaşanan yıllarda, depremin yaşandığı 1999 yılında, iç karışıklıkların yaşandığı 2013 yılı ve kur şokunun yaşandığı 2018 yılında emisyon miktarında azalma yaşanmıştır. Bu dönemde fert başına salınan sera gazında yaklaşık %69 oranında bir artış gerçekleşmiştir. Seçilmiş ülke ve ülke gruplarının grafiklerine göre, bu dönemde dünyada kişi başına sera gazı emisyonunda artış yaşanmıştır. Brezilya, Çin ve Hindistan’da da artış yaşanırken diğer ülke ve ülke grupları ise daha az çevre kirlenmeye gelmiştir. Covid19 pandemisinin etkisiyle dünyada 2020 yılında sera gazı emisyonlarında düşüş yaşanırken Türkiye’de uygulanan kapanma politikalarındaki sektörel istisnalar sera gazı emisyonunun artış eğiliminin sürmesine neden olmuştur.



Şekil 2. Kişi Başına Sera Gazı Emisyonları, Ton CO2 Eşdeğeri, (1990-2021)

Kaynak: OECD, 2024.

Literatür ve Teorik Arka plan

1960’lardan itibaren ekonomik büyüme, nüfus artışı, kentsel nüfus yoğunluğu ve kontrolsüz sanayileşme gibi olgular çevre sorunlarının artmasına neden olmuştur. Yoğun kimyasal madde kullanımı, su kaynaklarının ve toprağın kirlenmesi, erozyon, tuzlanma, orman azalması, biyolojik çeşitlilik kaybı, çevreyi dikkate almayan turizm faaliyetleri, fosil yakıt kullanımı ve artan sera gazı salınımı, çevresel sorunların giderek derinleşmesine neden olmuştur (Pamuk, 2014: 15). Bu sorunların derinleşmesi çevreyle ilgili akademik çalışmalar için motivasyon sağlamıştır. Çevre korunmadan büyümenin sürdürülebilir olamayacağı fikri ağır bastıkça çevre ekonomisi literatürü gelişmeye ve genişlemeye başlamıştır. Böylece çevresel tahribatın neden ve sonuçları farklı bakış açılarıyla incelenmiştir.

Çevre tahribatının ekonomik sebepleri ilk olarak Grossman ve Krueger (1991) tarafından incelenmiştir. Kuzey Amerika ülkeleri özelinde yapılan çalışmada çevre kirlenmesi (sülfür dioksit) kalkınma seviyesiyle ilişkilendirilmiştir. Çalışmada değişkenler arasında önce artan bir dönüm noktasından sonra da azalan (ters U) bir bağlantının bulunduğu tespit edilmiştir. Literatürde bu ilişki çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezi şeklinde ifade edilmektedir. Halen birçok çalışmaya konu olan bu hipotez çevre ekonomisi literatüründe hem ulusal hem de uluslararası bazda kapsamlı olarak test edilip değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada insani gelişme hem bir bütün olarak hem de ayrıştırılarak analiz edildiği için literatür taraması da bu bakış açısıyla yapılmıştır. İlk olarak insani gelişmenin çevreye etkisinin araştırıldığı sınırlı sayıda çalışmanın özetine yer verilmiştir.

Ekonomik büyüme ile çevresel kirliliği ilişkisini 170 ülkede farklı insani gelişme düzeylerine ayrıştırarak panel regresyon yöntemiyle inceleyen Beşer vd.’nin (2017) çalışmalarında, karbon salınımının insani gelişmişlik seviyesinden bağımsız olduğu tespit edilmiştir. Manga ve Akar (2020), 1998-2014 yılları arasında 9 Akdeniz ülkesinde büyüme, CO2 emisyonu ve insani gelişme ilişkilerini panel ARDL yöntemiyle araştırmışlardır. ÇKE hipotezinin doğrulandığı çalışmada insani gelişme düzeyindeki artışların çevre koruyucu etkisi olduğu raporlanmıştır. Damirova ve Yayla (2021), 10 Avrupa ülkesi ve Türkiye’de 1995-2016 döneminde kişi başına gelir, insani gelişme endeksi, doğrudan yabancı yatırımlar ve çevre vergilerinin çevresel bozulmaya etkisini panel eşbütünleşme yöntemiyle araştırmışlardır. Çalışmanın sonuçları insani gelişme endeksinin çevresel kaliteyi arttırdığını çevre vergilerinin ise azalttığını göstermiştir. Bucak (2022), E7 ülkelerinde 2000-2017 dönemini baz alarak ekonomik özgürlük, insani gelişme ve ekolojik ayak izi bağlantılarını analiz etmiştir. Panel eşbütünleşme yönteminin kullanıldığı çalışmaya göre insani gelişme ekolojik ayak izini arttırırken ekonomik özgürlükler azaltmaktadır. Ayrıca ekonomik özgürlükler insani gelişmeye olumlu katkı sağlamaktadır.

İnsani gelişmenin ekolojik ayak izi üzerindeki asimetrik etkisini finansal gelişme, gelir eşitsizliği ve enerji tüketimi bağlamında inceleyen Uzar ve Eyuboglu (2024), Türkiye'nin 1990-2021 dönemini ele almışlardır. Çalışma bulguları insani gelişmenin ekolojik ayak izini azalttığını finansal gelişmenin ve gelir eşitsizliğinin ise arttırdığını göstermiştir. Balsalobre-Lorente vd. (2024), ekolojik ayak izinin ekonomik karmaşıklık, insani gelişme, yenilenebilir enerji tüketimi ve yüksek inovasyon süreçleriyle etkileşimini G7 ülkelerinin 1991-2018 dönemi verileriyle araştırmışlardır. Analizler tüm değişkenlerin ekolojik ayak izini azaltıp çevre koruyucu etki yaptığını ortaya koymuştur. Nguea ve Fotio (2024), biyokütle enerjisi tüketimi ve insani gelişmenin ekolojik ayak izine etkisini panel veri teknikleriyle incelemişlerdir. 31 Afrika ülkesinde 1996-2018 döneminin analiz edildiği çalışma biyokütle enerjisi tüketiminin ekolojik ayak izini arttırdığını insani gelişmenin ise azalttığını göstermiştir.

Bu çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, yüksek insani gelişmenin daha çok çevre koruyucu etkide bulunmasının yanı sıra çevresel kaliteyi bozucu etkisinin de raporlandığı görülmüştür. Bu sonuçların ortaya çıkmasında ele alınan ülke veya ülke grubunun farklı olmaları, metodolojik yaklaşımdaki farklılıklar veya kurulan modellerdeki değişkenlerin etkisinin bulunduğu düşünülmektedir. Örneğin, E7 ülkelerini inceleyen Bucak (2022) ve G7 ülkelerini inceleyen Balsalobre-Lorente vd.'nin (2024) elde ettiği sonuçlar zıt yönlüdür. Bu iki çalışma aynı zamanda ele alınan dönem açısından da farklılaşmaktadır.

Bu çalışma insani gelişmenin farklı boyutlarının çevre kalitesi üzerindeki etkilerinin farklılaşabileceği varsayımıyla ele alınmıştır. Bu boyutlardan biri olan eğitim boyutu da çevre ekonomisi literatüründe sıkça çalışılan konular arasındadır. Aşağıda özetlenen bu çalışmalarda eğitim göstergesi olarak beşeri sermaye endeksleri ön plana çıkmaktadır.

Türkiye'nin 1971-2020 dönemi verileriyle yapılan Aytun ve Akın'ın (2016) çalışmasında karbon emisyonları, eğitim düzeyi ve enerji tüketimi ilişkileri incelenmiştir. Nedensellik analizi sonuçlarına göre ilk ve ortaöğretim düzeyinden çevresel bozulmaya bir ilişki bulunmamakta fakat yükseköğretimden çevresel bozulmaya doğru nedensel bir bağlantı bulunmaktadır. Chankrajang ve Mutarak (2017), örgün eğitimin çevre dostu davranışları teşvik edip etmediğini araştırmak için Tayland'da 2010 ve 2013 yıllarında ulusal düzeydeki anketleri kullanan bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, daha fazla eğitim gören bireylerin çevre dostu eylemlerde bulunma olasılığı artmaktadır. Finansal gelişmişlik, yenilenebilir enerji tüketimi, biyokapasite ve beşeri sermayenin ekolojik ayak izine etkisini GMM yaklaşımıyla inceleyen Shujah-ur-Rahman vd. (2019), 16 Doğu ve Orta Avrupa ülkesini ele almışlardır. Çalışmada, yenilenebilir enerji tüketimi ve beşeri sermayenin çevre koruyucu etkisi olduğu raporlanmıştır.

Çevre ve beşeri sermaye arasında uzun dönemde anlamlı bir bağlantının tespit edilemediği Hassan vd.'nin (2019) çalışmalarında Pakistan'ın 1971-2014 periyodu incelenmiş ve beşeri sermaye, biyolojik çeşitlilik, büyüme ve ekolojik ayak izi değişkenleri kullanılmıştır. Çalışma ayrıca kısa dönemde beşeri sermayenin ekolojik ayak izini arttırdığını değerlendirmiştir. Ahmed ve Wang (2019) ise Hindistan'da ekolojik ayak izinin büyüme, beşeri sermaye, enerji tüketimi, kentsel nüfus ve ticaret açıklığından nasıl etkilendiğini incelemişlerdir. ARDL ve Bayer-Hanck testlerine göre beşeri sermaye, ekolojik ayak izi üzerinde negatif etki yaratarak çevresel bozulmayı azaltmaktadır. ABD özelinde yapılan Zafar vd.'nin (2019) çalışmalarında da yine ARDL prosedürü kullanılmış ve 1970-2015 dönemi ele alınmıştır. Enerji tüketimi, doğal kaynaklar, doğrudan yabancı yatırımlar ve beşeri sermayenin ekolojik ayak izine etkisinin araştırıldığı çalışma beşeri sermaye ve doğal kaynakların çevre kalitesini pozitif, enerji tüketimi ve büyümenin negatif etkilediğini ortaya koymuştur.

Çin özelinde yapılan Li ve Ouyang'ın (2019) çalışmalarında beşeri sermaye, büyüme ve finansal gelişmenin karbon emisyonlarına etkisi incelenmiştir. 1978-2015 döneminin ele alındığı çalışmaya göre, beşeri sermaye ile çevresel bozulma arasında ters-N şekilli bir bağlantı bulunmaktadır. Khan (2020), 122 ülkede 1980-2014 dönemindeki verileri kullanarak beşeri sermaye, finansal gelişme, ticaret açıklığı, fosil yakıt tüketimi ve büyüme arasındaki ilişkileri Hansen eşik regresyon modeliyle incelemiştir. Çalışma bulguları, düşük beşeri sermaye düzeyindeki yükselişlerin ilk aşamada kirliliği arttırdığını fakat belli bir eşik değerden itibaren artan eğitim düzeyinin çevre bilinci kazandırdığını ve karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik çevre dostu teknolojilerin kullanımını teşvik ettiğini göstermiştir. Sarkodie vd. (2020), dinamik ARDL yöntemiyle Çin'de yenilenebilir enerji tüketimi, ticari açıklık, beşeri sermaye ve ekonomik büyümeyle çevre kalitesi bağlantılarını değerlendirmişlerdir. ÇKE hipotezinin doğrulandığı çalışmada, artan beşeri sermayenin çevre kirleticisi etkisini raporlamışlardır.

Pakistan'ın 1985-2018 dönemi verileri kullanan Zhang vd. (2021), doğal kaynak bolluğu, beşeri sermaye, ve büyümenin çevre kalitesine etkisini araştırmışlardır. Dinamik ARDL analizi sonuçlarına göre, doğal kaynağın bol olduğu ve beşeri sermayenin yüksek olduğu durumda karbon emisyonları ve ekolojik ayak izi azalmaktadır. Khan vd. (2021), 1990-2018 yılları arasında 7 OECD ülkesi özelinde mali yerelleşme ile çevre kalitesi ilişkisini beşeri sermaye ve kurumsal kalite etkileşimiyle incelemişlerdir. Panel eşbütünleşme ve nedensellik analizine göre, mali yerelleşmenin karbon emisyonlarını azaltıcı etkisi kurumsal kalite ve beşeri sermayeyle birlikte artmaktadır. 23 Sahra altı Afrika ülkesi için yapılan çalışmada Erdoğan vd. (2021), ekolojik ayak iziyle küreselleşme, beşeri sermaye, doğal kaynak bolluğu ve kentsel nüfusu modellemiştir. Panel eşbütünleşme analizi sonuçları, beşeri sermayedeki artışların çevre koruyucu etkisine karşılık kentsel nüfusun kirleticisi etkisinin olduğunu göstermiştir.

Hao vd. (2021), genişletilmiş kesitsel ARDL yöntemini kullanarak G7 ülkelerinde beşeri sermaye, çevre vergileri, çevresel teknolojiler, yenilenebilir enerji tüketimi, büyüme ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırma bulguları ÇKE hipotezini doğrulamaktadır ve büyüme dışındaki faktörlerin karbon emisyonları üzerinde hafifletici bir

etkisi olduğunu göstermektedir. Çin özelinde yapılan Yilanci vd.'nin (2022) çalışmalarında RALS-FADL yöntemiyle büyüme, beşeri sermaye ve kentleşmenin orman ayak izi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. ÇKE hipotezinin doğrulandığı analizlere göre, beşeri sermayenin orman ayak izi üzerinde negatif yönlü bir etkisi bulunmaktadır. Ülke özelinde yapılan bir başka çalışmada Boukhelkhal (2022), Cezayir'in 1980-2017 dönemini ele almıştır. Enerji tüketimi, doğumda yaşam beklentisi, ticaret açıklığı ve beşeri sermaye değişkenlerinin ekolojik ayak iziyle ilişkisinin incelendiği çalışmada kısa dönemde beşeri sermaye ve doğumda yaşam beklentisinin ekolojik ayak izini pozitif etkilediği, uzun dönemde ise beşeri sermayenin etkisinin negatife döndüğü tespit edilmiştir.

Chen vd. (2022), 1990-2016 yılları arasında 110 ülkede beşeri sermaye, kentleşme ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi panel kantil regresyon yöntemiyle incelemişlerdir. Tüm ülkeler için elde edilen sonuç beşeri sermayenin ekolojik ayak izi üzerinde önce pozitif daha sonra negatif bir etkisi olduğunu göstermiştir. Ayrıca yüksek gelirli ülkelerde beşeri sermaye çevre koruyucu iken düşük gelirli ülkelerde çevre kirleticidir. Daha güncel yöntemlerle analiz yapan Jin vd. (2022) çalışmalarında Çin'in 1988'den 2018'e kadar üç aylık verilerini kullanmışlardır. Kantil ARDL sonuçları eko-inovasyonun ve beşeri sermayenin karbon emisyonlarını azalttığını ortaya koymuştur. Çin'i ele alan bir diğer çalışmada Durgun ve Dayanır (2023), 1990-2019 döneminde enerji yoğunluğu ve kentleşme bağlamında beşeri sermayenin sera gazı emisyonuna etkisini incelemişlerdir. Bayer-Hanck yönteminin kullanıldığı çalışmada beşeri sermayedeki yükselişlerin çevre kirleticisi etkisi olduğu bildirilmiştir. Aynı ülke ve dönem için farklı yöntem ve veriler kullanıldığında farklı sonuçların ortaya çıkabildiği görülmektedir. Son olarak, 19 orta gelirli ülkenin 1980-2016 dönemine ait verileri kullanarak beşeri sermaye, teknolojik yenilik ve finansal gelişmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini değerlendiren Aytun vd. (2024) ampirik yöntem olarak CS-ARDL yaklaşımını kullanmışlardır. Çalışmada, büyümenin ekolojik ayak izini artırmasına karşılık, beşeri sermaye ve finansal gelişmenin azalttığını teknolojik yeniliğin ise etkisinin anlamsız olduğu raporlanmıştır.

Çevre-eğitim literatürü genel olarak değerlendirildiğinde yine analiz edilen dönem ve ülke/ler ile kullanılan yöntemlerin sonuçların farklılaşmasında rol oynadığı görülmektedir. İlişkinin doğrusal olduğunun yanı sıra ters-U veya N şekilli olduğu da iddia edilmektedir. Ancak hakim görüş yüksek beşeri sermayenin yüksek çevre kalitesiyle ilişkilendirildiği yönündedir. Nitekim Jahanger vd.'ne (2022) göre de çevresel refahın artırılması için beşeri sermayenin geliştirilmesi gereklidir. Bu nedenle, özellikle gelişmekte olan ülkelerin hükümetleri eğitim ve sağlık sektörlerine daha fazla bütçe ayırmalıdır. İnsan kapasitesinin geliştirilmesine yönelik kamu yatırımlarının artırılması, çevresel refahın sağlanması için farkındalığın artırılmasında kritik bir rol oynamaktadır.

Çevre-sağlık ilişkisi daha çok halk sağlığı araştırmalarına konu olsa da ekonomistlerin de ilgisini çekmektedir. Kurulan modellerde daha çok çevre kalitesinin sağlığa etkisi araştırılmakla birlikte son zamanlarda özellikle yaşam beklentisinin çevreye etkisi çevre ekonomistlerinin merak ettiği konular arasındadır. Konu ile ilgili literatür aşağıda özetlenmiş ve ardından kısa bir değerlendirmesi yapılmıştır.

Şehir düzeyinde yapılan Son vd.'nin (2008) çalışmasında Güney Kore'nin Seul kenti incelenmiştir. Hava kirliliğiyle yenidoğan bebek ölüm hızı ilişkisi araştırılmış ve ozon haricindeki kirleticisi gazlar ile bebek ölümleri arasında aynı yönlü ilişki bulunmuştur. Fakhri vd. (2015), 1990-2010 döneminde MENA ülkelerinde büyüme, enerji tüketimi, yaşam beklentisi ve karbon emisyonu ilişkilerini panel eşbütünleşme yöntemiyle araştırmışlardır. Çalışmada enerji tüketiminin karbon emisyonunu arttırdığını, yaşam beklentisinin ve büyümenin ise düşürdüğünü bulmuşlardır. Shobande'nin (2020) çalışmasında 23 Afrika ülkesinin 1990-2014 dönemi verileri kullanılmış ve enerji tüketimi, karbon emisyonları, beşeri sermaye yatırımı ve bebek ölüm hızı ilişkisi incelenmiştir. Çalışmada bebek ölüm hızının beşeri sermaye yatırımı, su kaynağındaki iyileşme ve enerji tüketimiyle zıt çevre kirliliğiyle aynı yönlü ilişkide olduğu bulunmuştur.

Doğumda beklenen yaşam süresi ile çevresel kalite ilişkisini inceleyen Çakır (2023), çalışmasında E7 ülkelerini 2005-2019 dönemi verileriyle ele almış ve panel nedensellik yöntemini kullanmıştır. Çalışma bulguları doğumda beklenen yaşam süresi ile karbon emisyonu arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu göstermiştir. Murthy vd. (2021), D8 ülkelerinde 1992-2017 döneminde çevresel bozulma ile sağlık ilişkisini panel ARDL yöntemiyle incelemişlerdir. Çalışmanın bulgularına göre, ekonomik büyüme ve sağlık harcamaları yaşam beklentisini olumlu etkilerken karbon emisyonu olumsuz etkilemektedir. Wang ve Li (2021), 154 ülke için 1992-2016 döneminde çevresel bozulmanın belirleyicilerini doğrusal panel ve panel eşik regresyon yöntemleriyle incelemişlerdir. Analizlerde yaşlanma, yaşam beklentisi ve büyümenin karbon emisyonuna etkilerinin doğrusal olmadığı görülmüştür. Kişi başına gelir arttıkça büyüme daha kirleticisi olmaktadır. Nüfusun yaşlanması ve yaşam beklentisinde meydana gelen artışlarla karbon emisyonu üzerindeki negatif etki daha da şiddetlenmektedir.

Mahalik vd. (2023), BRICS ülkelerinde 1999-2016 yılları arasında toplam ve cinsiyete göre ayrıştırılmış yaşam beklentisinin karbon emisyonu üzerindeki etkisini panel eşbütünleşme ve panel ARDL yöntemleriyle araştırmışlardır. Çalışmaya göre, toplam yaşam beklentisi, erkeklerin yaşam beklentisi ve ekonomik büyüme karbon emisyonlarını düşürürken, çevre teknolojisi ve kadınların yaşam beklentisi arttırmaktadır. Uddin vd. (2023), 6 Asya ülkesinde 2002-2020 döneminde yaşam beklentisinin belirleyicilerini CS-ARDL yöntemiyle incelemişlerdir. Yazarlar, kurumsal kalite, finansal kalkınma ve sağlık harcamalarının yaşam beklentisini arttırdığını buna karşılık, karbon emisyonları ve ekolojik ayak izinin yaşam beklentisini azalttığını ifade etmişlerdir.

Çevre kalitesiyle sağlık düzeyini araştıran literatür ise genel olarak yüksek sağlık düzeyi ile yüksek çevre kalitesi bağımlı

kurmaktadır. Söz konusu literatürde de yine hakim görüşün aksine önermelerde bulunan çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Mahalik vd.'nin (2023) çalışmasında cinsiyete göre ayırım yapıldığında sonuçların farklılaştığı görülmüştür.

Çevre kalitesinin gelire ilişkisi daha çok ÇKE hipotezinin test edilmesiyle araştırılmıştır. Bunların yanında ekonomik büyümenin karbon emisyonları üzerindeki doğrusal etkisinin incelendiği çalışmalar da mevcuttur. Hanif vd. (2019), Asya ülkelerinde, Hashmi ve Alam (2019) ve Huntington ve Liddle (2022) OECD ülkelerinde, Radmehr vd. (2021) ve Pejovic vd. (2021), Avrupa ülkelerinde ekonomik aktivitelerin çevre kirletici olduğu sonucunu bulmuşlardır. Buna karşın Achaempong vd. (2022) Avrupa ülkelerinde, Raihan ve Tuspekova (2022) Singapur'da ve Bosah vd. (2023) 159 ülkede büyümenin çevre koruyucu etkisini vurgulamışlardır. Çok ülkeli Ehigiamusoe ve Lean'ın (2019), çalışmalarında ise gelire göre gruplandırıldığında her iki sonucun da doğrulanabildiği gösterilmiştir.

Yapılan literatür taraması insani gelişme ile çevre bağlantısının karmaşık olabileceği, her bir boyutun çevreye etkisinin paralel olamayabileceği fikrini vermektedir. İnsani gelişmenin bir bütün olarak çevresel bozulmayı arttırdığı veya azalttığı bulgusu politika önerilerinde yanlılığa sebep olabilmektedir. İnsani gelişimin çevresel bozulmayı azalttığı durumda uygun politika önerileri insani gelişme düzeyinin yükseltilmesi yönünde olmaktadır. Ancak insani gelişmenin tüm boyutlarının azaltıcı etkide bulunabildiği kesin değildir. Herhangi bir boyutun zıt yönlü etkisinin olması politika etkisizliği yaratabilmektedir. Aynı durum insani gelişmenin çevresel bozulmayı arttırdığı durum için de geçerlidir. Bu motivasyonla çalışmanın sonraki aşamalarında tanıtılan yöntemler kullanılarak çevre-kalkınma ilişkisi analiz edilmiştir.

Veri ve Ekonometrik Metodoloji

Bu çalışma Türkiye'de insani gelişme endeksi bileşenlerinin çevresel bozulmaya etkilerini incelemektedir. Hem insani gelişme endeksi hem de sera gazı emisyonunu gösteren veriler 1990 yılından itibaren elde edilebilir olduğundan dolayı analiz dönemi 1990-2021 periyoduyla sınırlandırılmıştır. Çevresel bozulmayı gösteren kişi başına sera gazı emisyonu verileri OECD veri tabanından insani gelişme endeksi bileşenleri ise UNDP tarafından ilan edilen insani gelişme raporlarından toplanmıştır. Kontrol değişkeni olarak eklenen kentleşme oranı Dünya Bankası'nın Dünya Gelişim Göstergelerinden derlenmiştir. Sera gazı emisyonu ve kentleşme oranının logaritması alınmıştır. Analizlerde sera gazı emisyonu $lghg$, eğitim endeksi ei , sağlık endeksi hi , gelir endeksi yi ve kentleşme oranı ise $lurb$ şeklinde gösterilmektedir. Değişkenlere ilişkin ayrıntılar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Değişkenlerin Tanım, Ölçüt ve Kaynakları

Değişken	Tanım	Ölçüt	Kaynak
$lghg$	Sera Gazı Emisyonu	Kişi başına ton	OECD
hdi	İnsani Gelişme Endeksi	0-1 (Endeks)	UNDP
ei	Eğitim Endeksi	0-1 (Endeks)	UNDP
hi	Sağlık Endeksi	0-1 (Endeks)	UNDP
yi	Gelir Endeksi	0-1 (Endeks)	UNDP
$lurb$	Kentleşme Oranı	(Kentsel Nüfus/Toplam Nüfus) x 100	WorldBank, WDI

Sera gazı emisyonununun bağımlı değişken olduğu modellerin ekonometrik aşağıda gösterildiği gibidir:

$$lghg_t = \alpha_0 + \alpha_1 hdi_t + \alpha_2 lurb_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$lghg_t = \beta_0 + \beta_1 ei_t + \beta_2 hi_t + \beta_3 yi_t + \beta_4 lurb_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Model 1'de α_0 sabit terimi, α_1 insani gelişme endeksinin katsayısını ve α_2 kentleşme oranının katsayısını göstermektedir. α_1 katsayısının pozitif olması çevresel bozulmadaki artışı göstermektedir. α_2 katsayısı ise artan kentleşmenin çevresel bozulmaya etkisinin büyüklüğünü ifade etmektedir.

Model 2'de β_0 , sabit terimi, β_1 , β_2 ve β_3 bağımsız değişkenlerin katsayılarını, β_4 kentleşme oranının katsayısını ve ε_t ise hata terimini göstermektedir. β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 katsayılarının pozitif olması çevresel bozulmayı gösterirken negatif olması çevre kirliliğinin azaldığını göstermektedir.

Modele eklenen kentleşme ile ilgili görüşler ağırlıklı olarak çevresel bozulmayı arttırıcı etkiyi öne sürmektedir. Abbasi vd. (2020), 8 Asya ülkesinde kentleşmenin çevresel kaliteyi azaltıcı etkisini raporlamışlardır. Plansız kentleşmeye vurgu yapılan çalışmada küresel ısınma için önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde Adebayo vd. (2021) de Latin Amerika ülkelerinde kentleşmenin artan enerji talebi yoluyla çevreyi bozduğunu raporlamışlardır. Musah vd.'nin (2021), Batı Afrika analizi yine kentleşmenin karbon emisyonlarını arttırdığını ortaya koymuştur. Doğrusal olmayan bir çalışma yürüten Hao vd. (2020) ise

Çin'in 29 eyaletinde kentleşmenin çevreyi kirlettiğini ancak bu kirliliğin üçüncül sanayi oranındaki artışla azaldığını bulmuşlardır. Diğer bir çalışmada Latief vd. (2022), kentleşme ile çevresel bozulma arasındaki ilişkinin ülke gelirine göre farklılaştığını ileri sürmüşlerdir. Yazarlar alt-orta ve yüksek gelir grubu ülkelerde ters U, üst-orta gelir grubu ülkelerde ise U şekilli bir ilişkiyi raporlamışlardır. Alt-orta ve yüksek gelirli ülkelerdeki bu yönseme ekolojik modernleşme teorisini desteklemektedir.

Çalışmanın ampirik kısmında öncelikle ekonometrik metodolojiye yer verilmiş daha sonra araştırmaya konu olan veriler kantitatif olarak ele alınmıştır. Tahminlerin daha güvenilir, daha istikrarlı ve karar verme süreçlerinin daha doğru elde edilebilmesi için öncelikle birim kök testlerine değinilmiş sonrasında ise uzun dönem ilişkileri ile nedensellik sınamasına geçilmiştir.

İlk olarak yaygın şekilde kullanılan ve yüksek mertebeden otoregresif süreçlerin olması durumunda tercih edilen genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi kullanılmıştır. Sınama klasik Dickey-Fuller (1979) birim kök testine bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerinin eklenmesiyle elde edilmektedir. ADF sınamasından sonra hata terimleri açısından daha esnek olan ve hata terimlerinin otokorelasyonlu olduğunu varsayan Phillips-Perron (PP) (1988) birim kök testi uygulanmıştır. Sınama asimptotik dağılımlarda ADF test istatistiği ile aynı sonuçları vermektedir (Gujarati ve Porter, 2012:758). Birim kök testlerinin sonuncusu olarak ise krizler, doğal afetler ya da istikrarsızlık gibi farklı durumlardan dolayı meydana gelen yapısal kırılmaları yakalayan ve bunu içsel olarak belirleyen, Zivot-Andrews (ZA) (1992) tek yapısal kırılmalı birim kök testi tatbik edilmiştir. Kırılma noktasının gözleme dayalı olarak değil de içsel olarak belirlenmesi sınamanın bağımsızlık varsayımından sapmadığını göstermektedir (Libanio, 2005: 155).

Durağanlıkların tespit edilmesiyle uzun dönem ilişkisinin belirlenebilmesi için eşbütünleşme sınamasına geçilmiştir. Eşbütünleşmenin tespiti için genişletilmiş gecikmeli dağıtılmış otoregresif (AARDL) sınır testi tercih edilmiştir. Sınama, Pesaran (1997) ve Pesaran vd. (2000, 2001) tarafından geliştirilen klasik ARDL sınır testinde olduğu gibi 2. mertebeden durağanlık durumunda kullanılamamaktadır. Sınamada gecikmeli düzeydeki bağımlı değişken test edilerek 1. dejenere durumu tespit etmeye yarayan t testi, gecikmeli düzeydeki bağımsız değişkenler test edilerek 2. dejenere durumu belirlemeye yarayan F testi ve tüm gecikmeli düzeydeki değişkenleri sınavan genel F testi ile tahminleme yapılmaktadır. Sınamada,

1. dejenere durumu temsil eden t testinin hipotezi $H_0 : \delta_1 = 0$,
2. dejenere durumu temsil eden bağımsız F testinin hipotezi $H_0 : \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = \delta_5 = 0$ ve

Genel F testinin hipotezi $H_0 : \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = \delta_5 = 0$

şeklinde ifade edilmektedir. Bu test istatistiklerine ait kritik değerler t testi için Pesaran vd.'nden (2001), bağımsız F testi için Sam vd.'nden (2019) ve genel F testi için gözlem sayılarına bağlı olarak Pesaran vd. (2001) veya Narayan'dan (2005) sağlanmaktadır. Sınama bu şekilde geleneksel eşbütünleşme testlerine göre daha kapsamlı bir görüntü çizdiğinden nispeten daha üstün bir test olarak görülmektedir. Sınamanın üç testi de sıfır hipotezini reddederse değişkenler arasında uzun dönem ilişkisi olduğu kanaatine varılmaktadır.

Bu çalışmada genişletilmiş sınamaların modelleri şu şekildedir:

$$\Delta lghg_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_1 \Delta lghg_{t-i} + \sum_{i=0}^q \alpha_2 \Delta hdi_{t-i} + \sum_{i=0}^q \alpha_3 \Delta lurb_{t-i} + lghg_{t-1} + \delta_2 hdi_{t-1} + \delta_3 lurb_{t-1} + z_t \quad (3)$$

$$\Delta lghg_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_1 \Delta lghg_{t-i} + \sum_{i=0}^q \alpha_2 \Delta ei_{t-i} + \sum_{i=0}^q \alpha_3 \Delta hi_{t-i} + \sum_{i=0}^u \alpha_4 \delta lurb_{t-i} + \delta_1 lghg_{t-1} + \delta_2 ei_{t-1} + \delta_3 hi_{t-1} + \delta_4 yi_{t-1} + \delta_5 lurb_{t-1} + z_t \quad (4)$$

Ampirik Bulgular

Değişkenlerin durağanlığı ADF ve PP birim kök testleriyle araştırılmıştır. Tablo 3'te verilen ADF birim kök testi sonuçlarına göre tüm değişkenler seviyesinde birim köklüdür. Değişkenlerin birinci farkı alındığında kentleşme haricindeki değişkenler %1 düzeyinde durağan olmaktadır. PP birim kök testi sonuçları da kentleşme haricindeki değişkenlerin seviyelerinde birim köklü olduğunu ve birinci farklarında durağan olduğunu göstermiştir. Bu test ayrıca kentleşmenin seviyesinde durağan olduğunu ima etmektedir.

Tablo 2. ADF ve PP Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	ADF		PP	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
<i>lghg</i>	-0.3304	-5.4360***	0.1159	-6.6034***
<i>hdi</i>	-0.0785	-4.6739***	-0.1425	-4.7287***
<i>ei</i>	0.2189	-4.4071***	0.0795	-4.6175***
<i>hi</i>	-1.9922	-5.4911***	-2.2569	-5.5012***
<i>yi</i>	0.3674	-5.6178***	1.4442	-6.3071***
<i>lurb</i>	-2.5536	0.5908	-4.2744***	-3.8819***

Not: ***, %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Analizin yapıldığı dönemde gerçekleşen yapısal değişim/ler zaman serisindeki durağanlığı etkileyebilmektedir. Ayrıca kentleşme oranı için yapılan testlerin farklı sonuçlar sunması daha üstün ek bir testin uygulanmasını gerektiğini göstermektedir. Bu amaçla serilerin durağanlığı veri setindeki gözlem boyutunun kısa olması nedeniyle tek yapısal kırılmalı Zivot-Andrews testine başvurulmuştur. Tablo 4'teki test sonuçlarına göre tüm değişkenler birinci farkında birim kök içermektedir. Değişkenlerin fark serileri ise tek yapısal kırılmayla birlikte durağandır. Birim kök testi sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde değişkenlerin I(1) düzeyinde bütünlük olduğu sonucuna varılmaktadır.

Tablo 3. ZA Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	I(0)	Kırılma Tarihi	I(1)	Kırılma Tarihi	Kritik Değerler	
<i>lghg</i>	-4.1515	2005	-5.8151***	2003	0.01	-5.57
<i>hdi</i>	-3.6600	2001	-8.1461***	2013	0.05	-5.08
<i>ei</i>	-4.6088	2004	-7.1403***	2013	0.10	-4.82
<i>hi</i>	-1.1605	2017	-5.6512***	2015		
<i>yi</i>	-4.2047	1999	-6.0356***	2003		
<i>lurb</i>	-3.2263	2012	-26.1181***	2001		

Not: ***, %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Modellerde ikinci farkında durağan olan değişken bulunmadığı için seriler arasındaki eşbütünlük ilişkisi ARDL sınır testi yardımıyla araştırılabilmektedir. Model 1 için sınır testi sonuçları Tablo 5'te yer almaktadır. Modele Zivot-Andrews testinde tespit edilen 2005 kırılma yılı kukla değişken olarak eklenmiştir. Modelin tümü için hesaplanan F test istatistiği %10 üst sınır kritik değerinden büyük olduğu için seriler arasında eşbütünlük ilişkisi bulunmaktadır. Modeldeki dejenere durumların varlığını tespit etmek amacıyla genişletilmiş ARDL prosedürü gereği hesaplanan test istatistikleri de aynı tabloda sunulmuştur. Bağımlı değişken için hesaplanan t istatistiği mutlak %5 üst kritik değerinden mutlak değerce büyük olduğu için birinci dejenere durum bulunmamaktadır. Bağımsız değişkenler için hesaplanan F istatistiği %5 üst kritik değerinden yüksek olduğu için modelde ikinci dejenere durum da bulunmamaktadır.

Tablo 4. Genişletilmiş ARDL (1, 0, 0) Sonuçları- Model 1

Test İstatistikleri	F_{ALL}	4.9638*	t_{DV}	-3.7219**	F_{IDV}	6.7206**
Kritik Değerler	<i>Narayan (2005)</i>		<i>Pesaran vd. (2001)</i>		<i>Sam vd. (2019)</i>	
(k=2)	I0	I1	I0	I1	I0	I1
0.10	3.437	4.470	-2.57	-3.21	2.53	4.54
0.05	4.267	5.473	-2.86	-3.53	3.36	5.90
0.01	6.183	7.873	-3.43	-4.10	5.41	9.16

Not: F_{ALL} tüm model için hesaplanan F testini, t_{DV} bağımlı değişken için hesaplanan t testini ve F_{IDV} bağımsız değişkenler

Model 2 için sınır testi sonuçları ise Tablo 6'da yer almaktadır. Modelin tümü için hesaplanan F test istatistiği %1 üst sınır kritik değerinden büyük olduğu için seriler arasında eşbütünlük ilişkisi bulunmaktadır. Bağımlı değişken için hesaplanan t istatistiği mutlak %1 üst kritik değerinden mutlak değerce büyük olduğu için birinci dejenere durum bulunmamaktadır. Bağımsız değişkenler için hesaplanan F istatistiği %1 üst kritik değerinden yüksek olduğu için modelde ikinci dejenere durum da bulunmamaktadır.

Tablo 5. Genişletilmiş ARDL (1, 0, 0, 0, 0) Sonuçları- Model 2

Test İstatistikleri	F_{ALL}	12.9863***	t_{DV}	-6.5663***	F_{IDV}	15.4443***
Kritik Değerler	<i>Narayan (2005)</i>		<i>Pesaran vd. (2001)</i>		<i>Sam vd. (2019)</i>	
(k=4)	I0	I1	I0	I1	I0	I1
0.10	2.752	3.994	-2.57	-3.66	2.22	3.84
0.05	3.354	4.774	-2.86	-3.99	2.80	4.70
0.01	4.768	6.670	-3.43	-4.60	4.15	6.83

Not: F_{ALL} tüm model için hesaplanan F testini, t_{DV} bağımlı değişken için hesaplanan t testini ve F_{IDV} bağımsız değişkenler için hesaplanan F testini ifade etmektedir. ***, %1 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Model 1 için değişkenler arasındaki uzun dönem esneklikleri ve kısa dönem analizi Tablo 7’de yer almaktadır. Panel A’daki sonuçlara göre insani gelişme endeksinin etkisi pozitif ancak anlamsızdır. Bu sonuç insani gelişme endeksindeki artışların çevresel bozulmayı artırıcı etkisinin anlamsız olduğunu göstermektedir. Kentleşme oranının katsayısı ise pozitif ve anlamlıdır. Beklendiği gibi çıkan bu sonuç kentleşme oranındaki %1’lik artışın çevre kirliliğini %2.46 arttırdığını ima etmektedir. Panel B’de kısa dönem analizi sonuçları verilmiştir. Hata düzeltme terimini gösteren $ect(-1)$ parametresi 0 ile -1 arasında ve istatistiksel anlamlı olarak bulunmuştur. Buna göre kısa dönemde oluşan dengesizliklerin %69’u sonraki dönemde düzeliyor ve uzun dönem denge değerine yakınsamaktadır. Bu sonuçlar hata düzeltme mekanizmasının çalıştığını ifade etmektedir. ARDL(1,0,0) modelinin diagnostik testleri de yapılmış ve elde edilen sonuçlar aynı tabloda verilmiştir. Test sonuçlarına göre hata terimleri normal dağılmakta, otokorelasyon ve değişen varyans sorunu (heteroskedastisite) ve model spesifikasyon hatası bulunmamaktadır.

Tablo 6. Uzun ve Kısa Dönem Analizi – Model 1

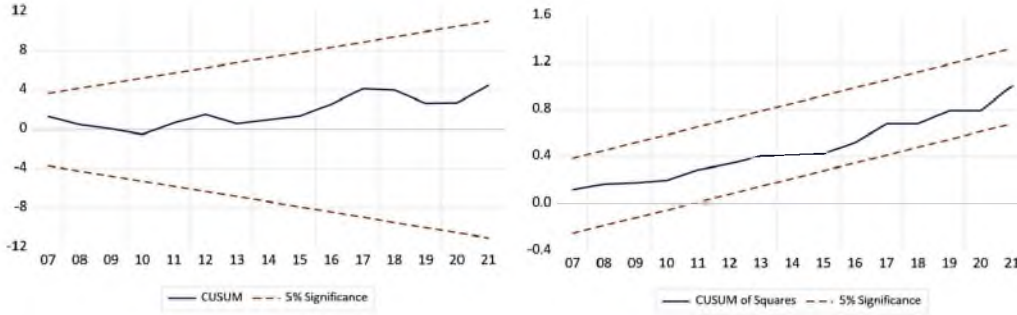
Panel A: Uzun Dönem Analizi				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İstatistiği	Olasılık
<i>hdi</i>	0.7774	0.7052	1.1024	0.2793
<i>lurb</i>	2.4632	0.7925	3.1081	0.0042
Panel B: Kısa Dönem Analizi				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İstatistiği	Olasılık
<i>c</i>	-3.5567	0.8954	-3.9724	0.0005
<i>kukla(2005)</i>	0.0601	0.0179	3.3512	0.0023
<i>ect(-1)</i>	-0.6945	0.1734	-4.0046	0.0004
Panel C: Diagnostik Testler				
Test	İstatistik	Olasılık		
J-B Normallik	0.7850	0.6754		
B-G LM	1.5348	0.4642		
BPG Değişen Varyans	3.7130	0.4462		
Ramsey RESET	1.1076	0.3027		

Model 2 için değişkenler arasındaki uzun dönem esneklikleri ve kısa dönem analizi Tablo 8’de yer almaktadır. Panel A’daki sonuçlarda %10 güven düzeyinde sağlık endeksi haricindeki uzun dönem katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olduğunu görülmektedir. Buna göre gelir endeksi ve kentleşme oranı sera gazı emisyonu üzerinde pozitif etki yaparken eğitim endeksi negatif etki yapmaktadır. Gelir endeksi ve kentleşme oranındaki %1’lik artış sera gazı emisyonunu sırasıyla %3.70 ve %2.18 civarında arttırmaktadır. Eğitim endeksindeki %1’lik artış ise sera gazı emisyonunu %0.40 civarında azaltmaktadır. Yani gelir düzeyindeki ve kentleşme oranındaki artışlar çevresel bozulmayı artırırken, eğitim düzeyindeki artışlar çevre koruyucu etki yaratmaktadır. Panel B’de kısa dönem analizinin sonuçları verilmiştir. Hata düzeltme terimini gösteren $ect(-1)$ parametresi 0 ile -1 arasında ve istatistiksel anlamlı olarak bulunmuştur. Buna göre kısa dönemde oluşan dengesizliklerin %86’sı sonraki dönemde düzeliyor ve uzun dönem denge değerine yakınsamaktadır. Bu sonuçlar her iki modelde de hata düzeltme mekanizmasının çalıştığını ifade etmektedir. Aynı tabloda sunulan ARDL(1,0,0,0,0) modelinin diagnostik test sonuçlarına göre bu modelde de hata terimleri normal dağılmakta, otokorelasyon ve değişen varyans sorunu (heteroskedastisite) ve model spesifikasyon hatası bulunmamaktadır.

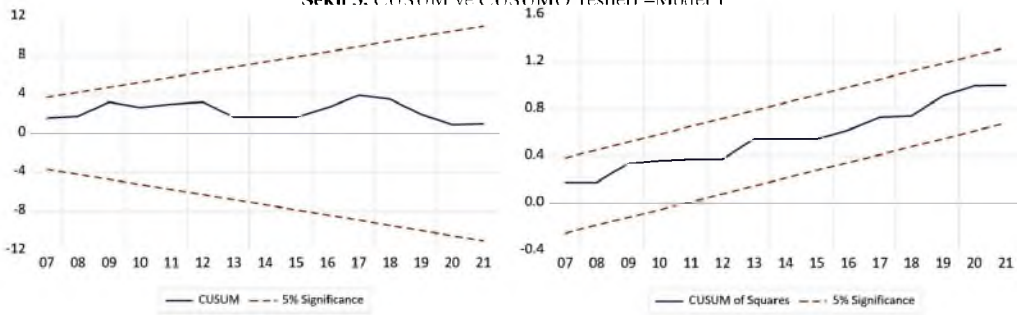
Tablo 7. Uzun ve Kısa Dönem Analizi – Model 2

Panel A: Uzun Dönem Analizi				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İstatistiği	Olasılık
<i>hdi</i>	0.7774	0.7052	1.1024	0.2793
<i>lurb</i>	2.4632	0.7925	3.1081	0.0042
Panel B: Kısa Dönem Analizi				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İstatistiği	Olasılık
<i>c</i>	-3.5567	0.8954	-3.9724	0.0005
<i>kukla(2005)</i>	0.0601	0.0179	3.3512	0.0023
<i>ect(-1)</i>	-0.6945	0.1734	-4.0046	0.0004
Panel C: Diagnostik Testler				
Test	İstatistik	Olasılık		
J-B Normallik	0.7850	0.6754		
B-G LM	1.5348	0.4642		
BPG Değişen Varyans	3.7130	0.4462		
Ramsey RESET	1.1076	0.3027		

Son olarak ARDL modellerinin uzun dönem katsayılarında ani veya kademeli yapısal değişimlerin yaşanıp yaşanmadığını tespit etmek için CUSUM ve CUSUMQ testleri yapılmıştır. Şekil 3 (Model 1) ve Şekil 4'te (Model 2) hata terimi için çizilen eğriler %5 güven aralığında seyretmektedir. Bu sonuçlar her iki modelde de katsayıların kararlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 3. CUSUM ve CUSUMQ Testleri –Model 1



Şekil 4. CUSUM ve CUSUMQ Testleri –Model 2

Elde edilen katsayıların sağlamlık kontrolü her iki model için FMOLS tahmincisiyle yapılmıştır. Model 1 için yapılan tahminde Tablo 9'da görüldüğü gibi tüm katsayılar anlamlı olarak tespit edilmiştir. ARDL (1,0,0) modelinin uzun dönem katsayı tahmininde anlamsız olduğu tespit edilen insani gelişme endeksi FMOLS modelinde %5 düzeyinde anlamlı çıkmaktadır. Bu sonuca göre insani gelişme endeksindeki artışların çevresel bozulmayı artırıcı etkisi olduğu söylenebilmektedir. FMOLS tahmininde kentleşme oranının çevre kirliliğini artırıcı etkisine yönelik ek kanıt sunulmuştur.

Model 2 için yapılan sağlamlık kontrolü sonuçları da Tablo 10'da görüldüğü gibi parametrelerin şiddeti farklılık arz etse de ARDL (1,0,0,0,0) modelinin uzun dönem katsayıları ile paralel çıkmıştır. Bu sonuçlar sağlık endeksinin pozitif etkisinin anlamsız olduğu, gelir endeksi ve kentleşmenin çevre kirliliği olduğu ve eğitim endeksinin çevre koruyucu etki yaptığı hakkında ek kanıt sunmuştur.

Tablo 8. Sağlamlık Kontrolü (FMOLS)

Değişken	Model 1		Model 2	
	Katsayı	t-İstatistiği	Katsayı	t-İstatistiği
<i>hdi</i>	1.1931**	2.6837		
<i>ei</i>			-0.3159***	-2.8916
<i>hi</i>			0.3146	0.9859
<i>yi</i>			3.4788***	9.6839
<i>lurb</i>	2.0052***	4.0156	2.0617***	6.9410
<i>c</i>	-3.5033*	-1.9452	-5.6925***	-5.9592
<i>kukla2005</i>	0.0906***	3.5569	0.0490***	4.3461

Not: *, ** ve ***, sırasıyla %10, %5 ve %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Elde edilen sonuçlar literatürdeki çalışmalarla kıyaslandığında çeşitli benzerlik var farklılıklar bulunduğu görülmektedir. Öncelikle çevresel bozulmayı ifade eden değişkenler başta olmak üzere modellemelerde kullanılan değişkenler bu farkın oluşmasında neden olabilmektedir. Çalışmada insani gelişmenin çevresel bozulmayı arttırdığı bulgusu literatürde Bucak'ın (2022) çalışmasıyla örtüşmektedir. Genel olarak beşeri sermaye endekslerinin kullandığı eğitim boyutunda elde edilen sonuç literatür özetinde yer alan 19 çalışmanın 15'i ile paralellik göstermektedir. Çalışmanın eğitim ile ilgili bulguları hakim görüşü destekler nitelikte olmuştur. Sağlık boyutunu ele alan çalışmalarda ise daha çok sağlık göstergelerini bağımlı değişken olarak modellemiştir. Etkisinin anlamsız olduğu göz önüne alınmadığında Mahalik vd.'nin (2023) elde ettiği sonuçlarda kadınların yaşam beklentisiyle ilgili bulgular bu çalışmayla paralelken erkeklerin yaşam beklentisiyle ilgili bulgular zıttır. Son olarak gelir boyutuyla ilgili bulgularda da benzerlik ve farklılıkların olduğu ancak hakim görüşle paralelliklerin daha ağır bastığı söylenebilir.

Sonuç

Bu çalışmada insani gelişme endeksinin alt endekslerinin sera gazı emisyonu üzerindeki etkisi kentleşme kontrol edilerek Türkiye özelinde incelenmiştir. ARDL sınır testi sonuçlarına göre değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisi bulunmaktadır. Genişletilmiş ARDL prosedürüne göre modelde herhangi bir dejenere durumun olmadığı görülmüştür. Uzun dönem esneklikleri insani gelişmenin gelir boyutunun sera gazı emisyonunu arttırdığını eğitim boyutunun ise azalttığını ortaya koymuştur. Kentleşme ise çevre kirliliğini arttırmaktadır. Bu sonuçlara göre Türkiye’de milli gelir artışı çevreyi kirlletici etki yapmaktadır. Üretim sürecinde ağırlığı fosil yakıttan sağlanan enerjinin yakılması sera gazı emisyonlarını arttırmaktadır. Mevcut enerji kullanım profilinde daha fazla mal ve hizmet üretimi için daha fazla sera gazı emisyonu anlamına gelmektedir. Eğitim boyutu çevresel bozulma üzerinde az da olsa azaltıcı etki yapmaktadır. Eğitimli bireyler daha fazla çevre koruyucu davranışlarda bulunmakta, çevreyi daha az kirlletmekte ve daha az çevreyi kirlletici mal ve hizmet talep etmektedirler. Çevre koruma bilincinin yükselmesi sera gazı emisyonunu azaltmaktadır. Sağlık boyutunun çevre kirlletici etkisi ise anlamsızdır. Türkiye’de kentleşme oranı monoton bir şekilde artmaktadır. Kırsaldan göç olarak optimum kent büyüklüğünü aşabilen kent merkezleri çevresel bozulmayı kontrol edememektedir.

Türkiye için elde edilen bu sonuçlar çevresel bozulmanın azaltılması için bazı politikaların uygulanmasını gerektirmektedir. Öncelikle birincil enerji tüketiminde fosil yakıtların oranının azaltılıp yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması gerekmektedir. Üretim sürecinin daha az çevre kirlletici olması için başta enerji verimliliği ve tasarrufu konusunda gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Eğitimde fırsat eşitliği sağlanarak eğitimin üst kademeleri öncelikli olmak üzere her kademesinde eğitim hizmetleri daha kapsayıcı olmalıdır. Ayrıca eğitim sürecinde çevreyle ilgili farkındalığın artırılması ve eğitimin üst kademelerinde yeşil teknolojilerle ilgili ar-ge çalışmalarının desteklenmesi gerekmektedir. Atık yönetimi ve geri dönüşüm uygulamalarıyla ilgili eğitimler yaygın bir şekilde verilip bilinç kazandırılmalıdır. Okullardaki çevre eğitiminin yanında okul binalarının da ekolojik bir kimliğe kavuşturulması çevre konusunda eğitim-uygulama bağıni kuvvetlendirebilecek uygulamalar arasındadır. Ayrıca eğitimin sadece okulla sınırlı kalmaması gerektiği hususu da göz ardı edilmemelidir. Çevre konusunda verilecek seminerler, yapılacak etkinlikler ve kitle iletişim araçları yoluyla arttırılacak farkındalık daha geniş çapta çevre koruyucu olabilmektedir.

Artan kent nüfusunun çevre kirlletici etkisini önlemek için kent düzeyinde de belli politikaların izlenmesi önem arz etmektedir. Öncelikle park ve bahçe gibi yeşil alanların artırılması ve bu alanlarda da daha çok karbon absorbe eden bitkilerin yetiştirilmesi gerekmektedir. Ulaşımında karbon emisyonu yayan taşıtlar yerine elektrikli taşıtlar veya bisikletlerin oranı artırılmalıdır. Enerji ve su tasarrufu uygulamaları özendirilip hem kamusal alanda hem de özel alanlarda enerji verimliliği öncelenmelidir. Kentlerde kaynak kullanımında etkinliği üst seviyeye taşıyacak teknolojik atılımlar da çevresel bozulmayı kontrol edebilecek politikalar arasında sayılabilir.

Literatüre mütevazı bir katkı sunmayı amaçlayan bu çalışma, ele alınan ülke sayısı artırılarak tekrar değerlendirilebilir. Analiz edilen ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre farklı sonuçlar çıkması olasıdır. Bunun yanında farklı şekilde modellenip daha güncel yöntemler kullanılarak da geliştirilebilir. İnsani gelişme ile çevresel bozulma arasında muhtemel eşik veya dönüm noktalarının tespit edilmesi konuya daha derin bir perspektif kazandırabilecektir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkısı: 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:

Burhan Durgun 0000-0001-7742-6059

KAYNAKLAR / REFERENCES

Abbasi, M. A., Parveen, S., Khan, S., & Kamal, M. A. (2020). Urbanization and energy consumption effects on carbon dioxide emissions: evidence from Asian-8 countries using panel data analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(15), 18029-18043. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08262-w>

- Acheampong, A.O., Dzator, J., Dzator, M. and Salim, R. (2022). Unveiling the effect of transport infrastructure and technological innovation on economic growth, energy consumption and CO2 emissions. *Technological Forecasting and Social Change*, 182, 121843. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121843>
- Adebayo, T. S., Ramzan, M., Iqbal, H. A., Awosusi, A. A., & Akinsola, G. D. (2021). The environmental sustainability effects of financial development and urbanization in Latin American countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(41), 57983-57996. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14580-4>
- Ahmed, Z. and Wang, Z. (2019). Investigating the impact of human capital on the ecological footprint in India: An empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(26), 26782-26796. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05911-7>
- Aytun, C. and Akin, C.S. (2016). Relationship between CO2 emissions, energy consumption and education in Turkey: Bootstrap causality analysis. *Eurasian Econometr Stat Empir Econ J*, 4, 49-63. <http://dx.doi.org/10.17740/eas.stat.2016aRv4aR05>
- Aytun, C., Erdogan, S., Pata, U.K. and Cengiz, O. (2024). Associating environmental quality, human capital, financial development and technological innovation in 19 middle-income countries: A disaggregated ecological footprint approach. *Technology in Society*, 76, 102445. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102445>
- Balsalobre-Lorente, D., Nur, T., Topaloglu, E.E. and Evcimen, C. (2024). Assessing the impact of the economic complexity on the ecological footprint in G7 countries: Fresh evidence under human development and energy innovation processes. *Gondwana Research*, 127, 226-245. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.03.017>
- Beşer, M.K., Acaroğlu, H. ve Güllü, M. (2017). Çevresel Kuznets eğrisi hipotezi: İnsani gelişim endeksi etkili mi?. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 31, 189-201. <https://doi.org/10.30794/pausbed.414814>
- Bosah, C.P., Li, S., Ampofo, G.K.M. and Sangare, I. (2023). A continental and global assessment of the role of energy consumption, total natural resource rent, and economic growth as determinants of carbon emissions. *Science of the Total Environment*, 892, 164592. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164592>
- Boukhekhail, A. (2022). Impact of economic growth, natural resources and trade on ecological footprint: Do education and longevity promote sustainable development in Algeria?. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/13504509.2022.2112784>
- Bucak, Ç. (2022). Ekonomik özgürlük endeksi, insani gelişme endeksi ve ekolojik ayak izi: E7 ülkeleri için ampirik bir analiz. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(23), 141-158. <https://doi.org/10.53092/duibfd.992572>
- Chankrajang, T. and Muttarak, R. (2017). Green returns to education: Does schooling contribute to pro-environmental behaviours? Evidence from Thailand. *Ecological Economics*, 131, 434-448. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.09.015>
- Chen, Y., Lee, C.C. and Chen, M. (2022). Ecological footprint, human capital, and urbanization. *Energy & Environment*, 33(3), 487-510. <https://doi.org/10.1177/0958305X211008610>
- Çakır, N.Z. (2023). E-7 ülkelerinde doğumda beklenen yaşam süresi ile karbondioksit emisyonu arasındaki ilişkinin panel nedensellik analizi. *19 Mayıs Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(3), 102-111. <https://doi.org/10.52835/19maysbd.1336133>
- Damirova, S. ve Yayla, N. (2021). Çevre kirliliği ile makroekonomik belirleyicileri arasındaki ilişki: Seçilmiş ülkeler için bir panel veri analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 30, 107-126. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.804787>
- Dickey, D.A. and Fuller, W.A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of American Statistical Association*, 74, 427-431. <https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>
- Durgun, F. and Dayanır, A. (2023). Revisiting the linkages between economic growth, human capital and environmental quality. *Economic And Social Changes-Facts Trends Forecast*, 16(5), 262-278. doi: 10.15838/esc.2023.5.89.15
- Ehigiamusoe, K.U. and Lean, H.H. (2019). Effects of energy consumption, economic growth, and financial development on carbon emissions: Evidence from heterogeneous income groups. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(22), 22611-22624. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05309-5>
- Erdoğan, S., Çakar, N.D., Ulucak, R. and Kassouri, Y. (2021). The role of natural resources abundance and dependence in achieving environmental sustainability: Evidence from resource-based economies. *Sustainable Development*, 29(1), 143-154. <https://doi.org/10.1002/sd.2137>
- Fakhri, I., Hassen, T. and Wassim, T. (2015). Effects of CO2 emissions on economic growth, urbanization and welfare: Application to MENA countries. *MPRA Paper No. 65683*. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/65683/>
- Georgescu, I. and Kinnunen, J. (2024). Effects of FDI, GDP and energy use on ecological footprint in Finland: An ARDL approach. *World Development Sustainability*, 100157. <https://doi.org/10.1016/j.wds.2024.100157>
- Granger, C.W.J. (1988). Some recent development in a concept of causality. *Journal of Econometrics*, 39(1-2), 199-211. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(88\)90045-0](https://doi.org/10.1016/0304-4076(88)90045-0)
- Grossman, G.M. and Kruger, A.B. (1991). Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement (NBRE Working Paper No. 3914). Retrieved from <https://www.nber.org/papers/w3914>
- Gujarati, D.N. Porter, D.C. (2012). *Temel Ekonometri* (Ü. Şenesen ve G.G. Şenesen, Trans. 5 ed.). İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Hanif, I., Raza, S.M.F., Gago-de-Santos, P. and Abbas, Q. (2019). Fossil fuels, foreign direct investment, and economic growth have triggered CO2 emissions in emerging Asian economies: Some empirical evidence. *Energy*, 171, 493-501. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.011>
- Hao, L. N., Umar, M., Khan, Z. and Ali, W. (2021). Green growth and low carbon emission in G7 countries: How critical the network of environmental taxes, renewable energy and human capital is?. *Science of the Total Environment*, 752, 141853. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141853>
- Hao, Y., Zheng, S., Zhao, M., Wu, H., Guo, Y., & Li, Y. (2020). Reexamining the relationships among urbanization, industrial structure, and environmental pollution in China—New evidence using the dynamic threshold panel model. *Energy Reports*, 6, 28-39. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.11.029>

- Hashmi, R. and Alam, K. (2019). Dynamic relationship among environmental regulation, innovation, CO2 emissions, population, and economic growth in OECD countries: A panel investigation. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1100-1109. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.325>
- Hassan, S.T., Baloch, M.A., Mahmood, N. and Zhang, J. (2019). Linking economic growth and ecological footprint through human capital and biocapacity. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101516. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101516>
- Huntington, H. and Liddle, B. (2022). How energy prices shape OECD economic growth: Panel evidence from multiple decades. *Energy Economics*, 111, 106082. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106082>
- Jahanger, A., Usman, M., Murshed, M., Mahmood, H. and Balsalobre-Lorente, D. (2022). The linkages between natural resources, human capital, globalization, economic growth, financial development, and ecological footprint: The moderating role of technological innovations. *Resources Policy*, 76, 102569. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102569>
- Jin, C., Razzaq, A., Saleem, F. and Sinha, A. (2022). Asymmetric effects of eco-innovation and human capital development in realizing environmental sustainability in China: Evidence from quantile ARDL framework. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 35(1), 4947-4970. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.2019598>
- Karekezi, S., McDade, S., Boardman, B., Kimani, J. and Lustig, N. (2012). Energy, poverty, and development. *Global Energy Assessment—Toward a Sustainable Future* [Johansson, TB, N. Nakicenovic, A. Patwardhan and L. Gomez-Echeverri (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 151-190.
- Khan, M. (2020). CO2 emissions and sustainable economic development: New evidence on the role of human capital. *Sustainable Development*, 28(5), 1279-1288. <https://doi.org/10.1002/sd.2083>
- Khan, Z., Ali, S., Dong, K. and Li, R.Y.M. (2021). How does fiscal decentralization affect CO2 emissions? The roles of institutions and human capital. *Energy Economics*, 94, 105060. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.105060>
- Kirikaleli, D., Addai, K. and Karmoh Jr, J.S. (2023). Environmental innovation and environmental sustainability in a Nordic country: Evidence from nonlinear approaches. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(31), 76675-76686. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27726-3>
- Latief, R., Sattar, U., Javeed, S. A., Gull, A. A., & Pei, Y. (2022). The environmental effects of urbanization, education, and green innovation in the union for mediterranean countries: Evidence from quantile regression model. *Energies*, 15(15), 5456. <https://doi.org/10.3390/en15155456>
- Lee, C.C., Chen, M.P. and Wu, W. (2022). The criticality of tourism development, economic complexity, and country security on ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(24), 37004-37040. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18499-2>
- Li, P. and Ouyang, Y. (2019). The dynamic impacts of financial development and human capital on CO2 emission intensity in China: an ARDL approach. *Journal of Business Economics and Management*, 20(5), 939-957. <https://doi.org/10.3846/jbem.2019.10509>
- Libanio, G.A. (2005). Unit roots in macroeconomic time series: Theory, implications, and evidence. *Nova Economia*, 15(3), 145-176. <https://doi.org/10.1590/S0103-63512005000300006>
- Mahalik, M.K., Padhan, H., Patel, G., Mishra, S. and Chyrmang, R. (2023). The role of gender life expectancy in environmental degradation: New insights for the BRICS economies. *Environment, Development and Sustainability*, 1-30. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03097-0>
- Manga, M. and Akar, P.G. (2020). Ekonomik büyüme, karbon emisyonu ve insani gelişmişlik arasındaki ilişki: Seçilmiş Akdeniz ülkeleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(1), 405-419. <https://doi.org/10.33437/ksusbd.555415>
- Murthy, U., Shaari, M.S., Mariadas, P.A. and Abidin, N.Z. (2021). The relationships between CO2 emissions, economic growth and life expectancy. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(2), 801-808. <https://doi.org/10.13106/jafeb.2021.vol8.no2.0801>
- Musah, M., Kong, Y., Mensah, I. A., Antwi, S. K., and Donkor, M. (2021). The connection between urbanization and carbon emissions: a panel evidence from West Africa. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 11525-11552. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01124-y>
- Narayan, P.K. (2005). The saving and investment nexus for China: Evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, 37(17) 1979-1990. <https://doi.org/10.1080/00036840500278103>
- Nguea, S.M. and Fotio, H.K. (2024). Synthesizing the role of biomass energy consumption and human development in achieving environmental sustainability. *Energy*, 130500. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.130500>
- OECD (2024). Air and GHG emissions (indicator) [Dataset]. doi: 10.1787/93d10cf7-en (Accessed on 5 June 2024)
- Pamuk, Ş. (2014). *Türkiye'nin 200 Yıllık İktisadi Tarihi*. İstanbul: İş Bankası Kültür Yayınları.
- Pejovic, B., Karadzic, V., Dragasevic, Z. and Backovic, T. (2021). Economic growth, energy consumption and CO2 emissions in the countries of the European Union and the Western Balkans. *Energy Reports*, 7, 2775-2783. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.05.011>
- Pesaran, M.H. and Pesaran, B. (1997). *Working with Microfit 4.0: Interactive Econometric Analysis*, <http://www.oup.com/Oxford> University Press.
- Pesaran, M.H., Shin, Y. and Smith, R.J. (2000). Structural analysis of vector error correction models with exogenous I(1) variables. *Journal of Econometrics*, 97, 293-343. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(99\)00073-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(99)00073-1)
- Pesaran, M.H., Shin, Y. and Smith, R.J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>
- Phillips, P.C.B and Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346. <https://doi.org/10.1093/biomet/75.2.335>
- Radmehri, R., Henneberry, S.R. and Shayanmehr, S. (2021). Renewable energy consumption, CO2 emissions, and economic growth nexus: A simultaneity spatial modeling analysis of EU countries. *Structural Change and Economic Dynamics*, 57, 13-27. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2021.01.006>

- Raihan, A. and Tuspekova, A. (2022). The nexus between economic growth, energy use, urbanization, tourism, and carbon dioxide emissions: New insights from Singapore. *Sustainability Analytics and Modeling*, 2, 100009. <https://doi.org/10.1016/j.samod.2022.100009>
- Sam, C.Y., McNown, R. and Goh, S.K. (2019). An augmented autoregressive distributed lag bounds test for cointegration. *Economic Modelling*, 80, 130–141. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2018.11.001>
- Sarkodie, S.A., Adams, S., Owusu, P.A., Leirvik, T. and Ozturk, I. (2020). Mitigating degradation and emissions in China: The role of environmental sustainability, human capital and renewable energy. *Science of the Total Environment*, 719, 137530. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137530>
- Shobande, O.A. (2020). The effects of energy use on infant mortality rates in Africa. *Environmental and Sustainability Indicators*, 5, 100015. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2019.100015>
- Shujah-ur-Rahman, J.Z., Chen, S., Saud, S., Saleem, N. and Bari, M.W. (2019). Nexus between financial development, energy consumption, income level, and ecological footprint in CEE countries: Do human capital and biocapacity matter?. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(31), 31856-31872. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06343-z>
- Son, J.Y., Cho, Y.S. and Lee, J.T. (2008). Effects of air pollution on postneonatal infant mortality among firstborn infants in Seoul, Korea: Case-crossover and time-series analyses. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 63(3), 108-113. <https://doi.org/10.3200/AEOH.63.3.108-113>
- Uddin, I., Khan, M.A., Tariq, M., Khan, F. and Malik, Z.K. (2023). Revisiting the determinants of life expectancy in Asia—Exploring the role of institutional quality, financial development, and environmental degradation. *Environment, Development and Sustainability*, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03283-0>
- UNDP (United Nations Development Programme) (1990). *Human Development Report 1990*, UNDP, New York, NY, <https://doi.org/10.18356/7007ef44-en>.
- UNDP (United Nations Development Programme) (2022). *Human Development Report 2021/2022: Uncertain Times, Unsettled Lives: Shaping our Future in a Transforming World*. New York.
- Wang, Q. and Li, L. (2021). The effects of population aging, life expectancy, unemployment rate, population density, per capita GDP, urbanization on per capita carbon emissions. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 760-774. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.06.029>
- Yilanci, V., Ulucak, R., Zhang, Y. and Andreoni, V. (2022). The role of affluence, urbanization, and human capital for sustainable forest management in China: Robust findings from a new method of Fourier cointegration. *Sustainable Development*, 31(2), 812-824. <https://doi.org/10.1002/sd.2421>
- York, R., Rosa, E. A., & Dietz, T. (2010). Ecological modernization theory: Theoretical and empirical challenges. In *The International Handbook of Environmental Sociology, Second Edition*. Edward Elgar Publishing.
- Zafar, M.W., Zaidi, S.A.H., Khan, N.R., Mirza, F.M., Hou, F. and Kirmani, S.A.A. (2019). The impact of natural resources, human capital, and foreign direct investment on the ecological footprint: The case of the United States. *Resources Policy*, 63, 101428. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101428>
- Zhang, L., Godil, D.I., Bibi, M., Khan, M.K., Sarwat, S. and Anser, M.K. (2021). Caring for the environment: How human capital, natural resources, and economic growth interact with environmental degradation in Pakistan? A dynamic ARDL approach. *Science of the Total Environment*, 774, 145553. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145553>
- Zivot, E. and Andrews, D.W.K. (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. <https://doi.org/10.1198/073500102753410372>

Atıf Biçimi / How cite this article

Durgun, B. (2024). Analysing the linkage between human development and environmental quality: Fresh evidence from Türkiye. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 41, 118-132. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.41.1540282>

Teknoloji Yoğunluğuna Göre İhracatı Etkileyen Temel Inovasyon Göstergeleri: Türkiye İçin Zaman Serisi Analizlerine Dayalı Bir Uygulama*

Basic Innovation Indicators Affecting Exports According to Technology Intensity: An Application Based on Time Series Analysis for Türkiye

Sevda Yapraklı¹ , Fatma Kanca Kervan² 

¹Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Erzurum, Türkiye

²Yüksek Lisans Öğrencisi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Erzurum, Türkiye

* Bu çalışma “Temel Inovasyon Göstergelerinin Teknoloji Düzeyine Göre İhracat Üzerindeki Etkileri: Türkiye Üzerine Ekonometrik Analizler” başlıklı yüksek lisans tezi esas alınarak hazırlanmıştır.

ÖZ

Inovasyonun ihracat üzerindeki etkisinin analizi, uluslararası iktisat literatürünün önemli konuları arasında yer almaktadır. Diğer etkileri sabitken, inovasyonun teknoloji yoğunluğuna göre ihracata etkisi, ülkelerin rekabet güçleri, dış ticaret kazançları ve gelişmişlik seviyeleri açısından kritik öneme sahiptir. Dışa açık bir ülke olan Türkiye’de ihracata dayalı bir üretim yapısı ve dış satım faaliyeti olmasına rağmen, ihracat performansının düşük olduğu görülmektedir. Bu çalışmada Türkiye’de Ar-Ge harcamaları, patent başvuru sayıları, Bilgi İletişim Teknolojileri (BIT) ve Toplam Faktör Verimliliği (TFV) şeklindeki temel inovasyon göstergelerinin teknoloji yoğunluğuna göre ihracat üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda Türkiye için 1990-2021 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak Vector Autoregression (VAR) modeli ile tahminler yapılmıştır. VAR modeli tahminleri doğrultusunda değişkenler arasındaki ilişkiler varyans ayrıştırması ve etki-tepki fonksiyonları ile belirlenmiştir. Varyans ayrıştırma analizinde teknoloji yoğunluğuna göre ihracat üzerinde en etkili inovasyon göstergesinin Ar-Ge harcamaları olduğu tespit edilmiştir. Etki-tepki fonksiyonları, orta-yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerinde etkili olan temel inovasyon göstergesinin BIT, yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerinde etkili olan göstergenin ise Ar-Ge harcamaları olduğunu göstermiştir. Ayrıca orta-yüksek teknoloji ürün ihracatının geçmiş dönem performansının, gelecekteki ihracat performansı üzerindeki pozitif etkisinin, yüksek teknoloji ürün ihracatının etkisinden daha yüksek olduğu da belirlenmiştir. Analiz sonuçları Türkiye’de teknoloji ihracatının inovasyondan etkilenme ve uluslararası rekabet avantajı elde etme seviyesinin düşük olduğuna işaret etmektedir.

ABSTRACT

Analysis of the impact of innovation on exports is a significant topic in the international economics literature. Ceteris paribus, the effect of innovation on exports according to technology intensity is crucial for countries’ competitiveness, foreign trade earnings, and development levels. Although Turkey, as an open country, has an export-oriented production structure and active export activities, its export performance remains relatively low. This study examines the effects of key innovation indicators such as R&D expenditures, patent application numbers, Information Technology Communications (ICT), and Total Factor Productivity (TFP) on exports according to technology intensity. For this purpose, predictions were made using the Vector Auto-regression (VAR) model, using annual data from the period 1990-2021 for Turkey. Variance decomposition and impulse-response functions were employed to identify the relationships between the variables in accordance with the VAR model estimates. In the Variance Decomposition analysis, it was determined that the most effective innovation indicator in exports according to the technology intensity is R&D expenditures. The impulse-response functions indicate that the main innovation indicator affecting the export of medium-high-tech products is ICT, while the indicator affecting the export of high-tech products is R&D expenditures. Furthermore, it has been determined that the positive effect on future period export performance of past period performance of the export of medium-high-tech products is higher than the effect of the export of high-tech products. The analysis results recommend that the level of technology exports influenced by innovation and the ability to gain the international competitive advantage in Turkey is low.

Corresponding Author: Sevda Yapraklı E-mail: sevda1@atauni.edu.tr

Submitted: 11.09.2024 • Revision Requested: 28.10.2024 • Last Revision Received: 09.11.2024 • Accepted: 04.12.2024



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

Anahtar Kelimeler: Inovasyon, Orta-Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı, Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı, VAR Analizi

Keywords: Innovation, Medium-High Technology Product Export, High Technology Product Export, VAR Analysis

EXTENDED SUMMARY

In line with globalisation and technological changes, countries that sell goods and services abroad, that is, export, increase their foreign trade earnings and competitiveness. Exports according to technology intensity are one of the basic indicators reflecting the goods composition and sectoral competitive advantages in foreign trade of countries and are classified as low, medium (low-high), and high-technology exports. As countries shift from low-tech products to medium- and high-tech products in their export commodity baskets, their competitiveness, export revenues, and hence their level of economic development increase.

One of the key factors that enhance the export performance of countries is innovation. Innovation, which can be defined as developing a new product and/or service or production technology, finding a new market, or providing change and improvement beyond what is available in logistics activities, is the primary source of countries' international competitive advantage. Although numerous studies have been conducted to measure innovation, a universally accepted measurement has yet to be established. Factors that vary according to internal and external sources such as firm, industry, and economic structure, the fact that innovation is a complex process that requires continuity and that it is difficult to measure with simple techniques, it makes difficult to develop a standard innovation measurement.

However, by employing various measurement techniques, a consensus has emerged on several indicators for comparing innovation levels at both the firm and country levels. The main ones are RD expenditures, patent application numbers, Information Communication Technologies (ICT), and Total Factor Productivity (TFP). RD activities grounded in scientific research, technology transfer, and the development of existing knowledge facilitate the integration of new knowledge, particularly into the production process. Patents, which protect the inventions/innovations of individuals or companies, are official documents that ensure monopolisation in the production and trade of the invention/innovation in question. New products and production processes can be developed through ICT, which encompasses the examination, development, management, and implementation of electronic and computer-based information systems and data. TFP, defined as obtaining more output from the increase in labour and capital inputs, reveals the cost-cutting and efficiency-enhancing effects of technological advancement.

In the literature, the number of applied studies investigating the relationship between innovation and foreign trade/export in Turkey has been on the rise, particularly in recent years. However, the effects of basic innovation indicators on medium-high and high-technology product exports have not been examined in studies on the subject. Therefore, this study aims to fill this gap in the literature by empirically revealing the effects of four fundamental innovation indicators on exports according to technology intensity in the Turkish example.

In this study, the effects of basic innovation indicators such as RD expenditures, patent application numbers, ICT and TFP on exports according to the technology intensity have been examined. For this purpose, predictions were made using the Vector Auto-Regression (VAR) model, using annual data from the period 1990-2021 for Turkey. Variance decomposition and impulse-response functions were employed to identify the relationships between the variables in accordance with the VAR model estimates. In the Variance Decomposition, it was determined that the most effective innovation indicator in exports according to the technology intensity is R&D expenditures. The impulse-response functions reveal that the main innovation indicator influencing the export of medium-high-tech products is ICT, whereas the indicator impacting the export of high-tech products is R&D expenditures. Furthermore, it has been determined that the positive effect on future period export performance of past period performance of the export of medium-high-tech products is higher than the effect of the export of high-tech products.

The findings obtained within the scope of the study are consistent with the findings obtained in the studies conducted by researchers such as Hirsch and Bijaoui (1985), Le (1987), Zhao and Li (1997), Şahbaz et al. (2014), Kılıç et al. (2014), Özkan and Yılmaz (2017), Neves, Teixeira and Silva (2016), Usman (2019) and Akyol and Demez (2020). However, the findings differ from the results of the main studies by Landesman and Pfaffermayr (1997), Karagöz (2007), Wagner (2008), Fu, Wu, and Tang (2011), and Han et al. (2017). It is possible to say that this difference may be due to the data period, method used, sample and the use of non-standard innovation indicators. Using data sets grounded in standard innovation measures for future studies will contribute to obtaining more meaningful and comparable results.

Based on the analysis results, it is possible to say that technology exports in Turkey are partially affected by innovation and therefore the possibility of gaining international competitiveness in terms of exports is low. To enhance Turkey's competitiveness, it needs to produce and sell export goods and services that are based on qualified labour, knowledge and technology, and have high added value and economic complexity. To achieve this, it is crucial to boost public-private investments, especially R&D expenditures along with other innovation indicators.

Giriş

Uluslararası iktisatın temel konularından olan inovasyon-ihracat ilişkisi, ülkelerin rekabet güçleri, dış ticaret kazançları ve gelişmişlik seviyeleri açısından kritik öneme sahiptir. Tüm ekonomik faaliyetler üzerinde etki yaratma potansiyeline sahip olan inovasyon, firmaların ve dolayısıyla ülkelerin uluslararası rekabet üstünlüğü elde etmelerine imkân tanımaktadır. Rekabet üstünlüğü sayesinde dış ticaret kazançlarını artıran ülkeler; yenilik-icat geliştirme, rekabetçi mal üretme, ihracat gelirlerini artırma gibi avantajlar sayesinde ekonomik gelişmişlik düzeylerini yükseltebilmektedirler (Kervan, 2023: 3).

Neo-klasik görüşte dışsal kabul edilen teknoloji, aksak rekabet koşullarını, ölçüğe göre artan getiriye, farklılaştırılmış ürünü vb. kapsayan içsel büyüme modellerinde içsel olarak kabul edilmektedir. Birinci nesil yaklaşımlarda teknolojinin; fiziki-beşerî sermaye, kurumlar, kamu yatırımları vb. faaliyetler sonucunda kendiliğinden oluştuğu kabul edilmektedir. Inovasyonu temel alan Schumpeteryen ikinci nesil yaklaşımlarda ise teknoloji üreten bir sektörün var olduğu ve inovasyonun doğrudan bu sektöre yapılan yatırımlar sonucunda ortaya çıktığı iddia edilmektedir (Yardımcı, 2006: 100-102). Inovasyona dayalı üretim ve ihracat yapan ülkelerin gelir düzeyleri ve uluslararası piyasalardaki payları diğer ülkelere göre daha yüksek olmaktadır. Bu nedenle inovasyon göstergelerinin teknoloji yoğunluğuna göre ihracat üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, ülkelerin hangi ürün grubuna ve teknolojik sektöre yatırım yapması gerektiği ve/veya ne tür eksikliklerin olduğu ve ne tür politik önlemlere ihtiyaç duyulduğu konusunda yol gösterici olacaktır.

Ulusal literatürde genellikle yenilik olarak ifade edilen inovasyon kavramı hem kapsamı hem de kullanıldığı alan/lar itibarıyla kavramsal göreceliğe sahiptir. Yenilik, ancak efektif hale gelmesi durumunda inovasyona dönüşmektedir (Sakaryalı, 2014: 185-186; Çakmak ve Yıldız, 2018: 2). Genel kabul görmüş bir tanımla bulunmamakla birlikte, uluslararası ticaret özellikle rakip ihracat malı sepeti bazında inovasyonu; yeni bir ürün ve/veya hizmet ya da üretim teknolojisi geliştirmek, yeni bir piyasa bulmak ya da lojistik faaliyetlerinde var olanın dışında değişim ve iyileştirme sağlamak şeklinde tanımlamak mümkündür (Dursun, 2017: 13).

Diğer etkileri sabitken, inovasyonun ekonomik etkileri araştırmacıları bu olguyu ölçmeye yönelik çalışmalar yapmaya yöneltmiştir. Neo-klasik iktisatçıların dış ticaret, teknoloji ve ülkeler arası büyüme farklılıklarına ilişkin çalışmalarıyla başlayan teorik ve uygulamalı çalışmalar günümüzde de halen devam etmektedir. Firma, endüstri ve ekonomik yapı gibi içsel ve dışsal kaynaklara göre farklılık gösteren unsurlar, inovasyonun devamlılık gerektiren karmaşık bir süreç olması ve basit tekniklerle ölçülmesinin zor olması gibi nedenler inovasyon için standart bir ölçüm geliştirilmesini zorlandırmaktadır. Ancak çeşitli ölçüm teknikleri kullanılarak firma ve/veya ülke bazında inovasyon düzeylerinin karşılaştırılmasına yönelik birtakım göstergeler üzerinde uzlaşma sağlanmıştır. Teknolojik yenilik ve ilerleme sürecinde girdi ve/veya çıktı olarak kullanılan temel göstergeler arasında; Ar-Ge harcamaları, patent başvuru sayıları, Bilgi İletişim Teknolojileri (BIT), Toplam Faktör Verimliliği (TFV) vd. yer almaktadır (Kervan, 2023: 12-14).

Teknoloji yoğunluğuna göre ihracat, ülkelerin dış ticaretteki mal bileşimlerini ve sektörel rekabet avantajlarını yansıtan temel göstergelerdendir ve düşük, orta (düşük-yüksek) ve yüksek teknoloji ürün ihracatı olarak sınıflandırılmaktadır (Kervan, 2023: 105, 35). Eurostat teknoloji sınıflandırması listesinde; gıda ürünleri, içecek, tütün ürünleri, tekstil ürünleri vb. imalatı *düşük*; kayıtlı medyanın çoğaltılması, kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı, kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı vb. düşük-orta; kimyasal ürünlerin, silah ve mühimmatın (cephanenin), elektrikli teçhizatın, motorlu kara taşıtlarının, tıbbi ve dişçilik ile ilgili araç ve gereçlerin imalatı vb. *orta-yüksek* ve eczacılığa ilişkin ürünlerin, bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin, hava taşıtları ve uzay araçları ile bunlarla ilgili makinelerin imalatı, yazılım ürünleri vb. *yüksek teknoloji* ihracat grubuna dâhil olan sektörler olarak verilmiştir (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği-TOBB, 2024).

1980 dışı açılma süreciyle birlikte Türkiye, özellikle 1996 yılında başlayan Türkiye-Avrupa Birliği Gümrük Birliği'nin ardından hammadde ve düşük teknoloji imalat sanayi üretim-ihracatına dayalı yapısını değiştirerek, orta-yüksek ve yüksek teknoloji ürünlerin üretim ve ihracatını artırmaya yönelik faaliyetlere ağırlık vermeye başlamıştır. Zaman içerisinde Türk imalat sanayinde orta-yüksek teknoloji üretimin payı artmış, ancak üretim için ihtiyaç duyulan girdilerin büyük bir kısmı yurt dışından ithal edilmiştir. Bu da katma değer düşük performans göstermesine neden olmuştur. Yüksek teknoloji ürünlerin üretiminde de aynı durumla karşılaşmıştır. Türkiye'nin yüksek teknoloji ürün ithalatı, ara ve yatırım malları ile nihai mallar bazında ihracattan yüksek olmuş ve yüksek teknoloji ürün üretimi oldukça düşük düzeyde kalarak dış ticaret açığının artmasında önemli rol oynamıştır. Genel itibarıyla Türkiye'de imalat sanayi üretim ve ihracatında düşük ve orta-düşük teknoloji ürünlerin payı, orta-yüksek ve yüksek teknoloji ürünlerin payından daha yüksek olmuştur (Ersoy, 2022: 62, 66-67).

Teknoloji yoğunluğuna göre ihracat üzerinde etkili olan inovasyon göstergelerinin belirlenmesi, dış ticaret kazançları ve rekabet gücü açısından önem arz etmektedir. Bu öneminden hareketle çalışmada, Türkiye'nin ihracat gelirlerinin artırılmasına ve katma değer yaratan sektörler yatırım yapılmasına olanak sağlayan orta-yüksek ve yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerinde etkili olan temel inovasyon göstergelerinin belirlenmesi araştırma konusu yapılmıştır. Teknoloji yoğunluğuna göre ihracat ve kullanılan inovasyon göstergeleri ile veri dönemi açısından ulusal literatürdeki diğer çalışmalardan farklılaşan bu çalışma, ulusal literatüre katkı sağlamayı ve gelecekteki çalışmalara ışık tutmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla veri mevcudiyetine göre 1990-2021 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak zaman serisi analizleri yapılmıştır. Çalışmada öncelikle kavramsal-teorik bilgiler verilmiş ve konuya

ilişkin yazın taranmıştır. Sonrasında araştırmanın analizlerine ilişkin açıklamalar yapılmış, analiz sonuçları sunulmuş ve bulgular yorumlanmıştır. Son olarak politika önerilerinin de yapıldığı tartışma ve sonuç kısmıyla çalışma tamamlanmıştır.

Inovasyon ve Teknoloji Yoğunluğuna Göre İhracat

Üretim ve tüketim kalıplarındaki değişikliklere göre şekillenen uluslararası piyasalardan pay almak, rekabet üstünlüğü elde etmek ya da rekabet güçlerini korumak isteyen ülkeler mal ve hizmet üretim ve satışlarında inovasyona başvurmak zorundadırlar (Dursun, 2017: 13-14). Temel inovasyon göstergeleri bazında inovasyon faaliyetleri ile ortaya çıkan teknolojik değişim ve gelişim, küresel rekabet ve dış ticaret avantajları elde edilmesini sağlamakta ve ulusal ekonomik yapıları yeniden yapılanmaya zorlamaktadır (Özsağır & Çütücü, 2015: 119). Bilimsel araştırmalara ve mevcut bilgilerin teknolojik olarak geliştirilmesine ve aktarılmasına dayalı Ar-Ge faaliyetleri, yeni bilgilerin özellikle üretim sürecine dahil olmasına yardımcı olmaktadır (Topal, 2019: 4). Kişi veya firmaların buluşlarını/yeniliklerini koruyan patentler, söz konusu buluşun/yeniliğin üretiminde ve ticaretinde monopolleşmeyi sağlayan resmî belgelerdir (Çakmak & Tanrıverdi, 2021: 484). Elektronik ve bilgisayar tabanlı bilgi sistemlerini ve verileri inceleme, geliştirme, yönetme ve uygulamaya koyma şeklinde tanımlanabilen BIT sayesinde yeni ürünler ve üretim süreçleri geliştirilebilmektedir (Davis, 2000: 67; Sambamurthy, Bharadwaj & Grover vd., 2003: 237). Emek ve sermaye girdilerindeki artıştan daha fazla miktarda çıktı elde edilmesi olarak ifade edilen TFV, teknolojik gelişmenin maliyet düşürücü/verimlilik artırıcı etkisini ortaya koymaktadır (Şahinli & Kılınç, 2013: 344; Çeştepe, Arslan & Yazıcı, 2020: 496-497).

Ulusal ve uluslararası alanda etkin olmaya yönelik inovasyon politikaları uygulayan, yeni bilgi ve teknolojiler geliştirip bunlara istikrarlı şekilde uyum sağlayan ülkeler, ekonomik-sosyal refah düzeylerini daha yüksek seviyelere çıkarmakta ve gelir düzeyleri açısından diğer dünya ülkelerinden farklılaşmaktadırlar (Kervan, 2023: 9). Ülkelerin teknolojik gelişmişlik/inovasyon seviyelerini ortaya koyan temel göstergeler dışa açık ülkelerde üretim, istihdam ve ihracat gibi ekonomik faaliyetleri önemli ölçüde etkilemektedir. Inovasyon; sabit maliyetlerin düşürülmesi, yenilik içeren katma değeri yüksek malların üretilmesi, ticarete konu olan mal/hizmet sayısının artırılması, ihraç malları sepetinin teknoloji içeriğinin değiştirilmesi, tüketici tercihlerindeki değişimlere uyum sağlanması, yurtiçi gelirin ve dış ticaret kazançlarının artırılması gibi yollarla ülkelerin ihracat ve rekabet güçleri üzerinde etkili olmaktadır (Kervan, 2023: 43-46).

Küreselleşme ve teknolojik değişimlerin şekillendirdiği dış ticaret, ticari firmaların ürettikleri rakip mal ve hizmetler üzerinde yenilikler yaratmalarını, teknoloji seviyelerini yükseltmelerini, üretim hacimlerini genişletmelerini ve farklılaştırılmış ürünlerle dış piyasalardan büyük pay almalarını zorunlu hale getirmiştir (Çitil, 2020: 116-117; Deviren, 2003: 42-43). İhraç malları sepetindeki mal ve hizmetlerde teknoloji yoğunluğu yüksek olan ülkeler, daha yüksek ihracat performansına sahip olmakta ve daha yüksek dış ticaret kazancı elde etmektedirler. Çünkü teknoloji içeriği ve katma değeri düşük, emeğe ve hammaddeye dayalı geleneksel ürünler her ülkede üretilmekte ve bu ürünleri üreten ülkelerin rekabet düzeyleri düşük olmaktadır (Seyidoğlu, 2020: 568-569). Ülkeler düşük teknoloji ürünlerden orta ve yüksek teknoloji ürünlerine geçtikçe rekabet güçleri, ihracat gelirleri ve dolayısıyla ekonomik gelişmişlik seviyeleri artmaktadır. Katma değeri yüksek, ileri teknolojiye sahip ürünlerin ihracatı ekonomik büyümenin temel kaynağıdır. Uluslararası büyüme farklılıklarını azaltmak için dışa açık ülkelerin inovasyona yatırım yapmaları ve ticarete konu mal/hizmetlerin teknoloji içeriğini artırmaları gereklilik arz etmektedir (Akyol & Mete, 2021: 213-214).

Yazın Taraması

İhracatın belirleyicilerine yönelik çalışmaların yoğunlaştığı 1960'lı yılların sonlarında ortaya atılan yeni dış ticaret teorileri hem teorik hem de uygulamalı literatürde yeni bir dönem başlatmıştır. Geleneksel yaklaşımların sorgulandığı bu dönemdeki temel gelişmelerden biri, dış ticaretin ve ekonomik büyümenin doğrudan belirleyicilerinden olan teknolojiyi açıklamaya yönelik çalışmaların artmasıdır. 1970'li yıllardan günümüze kadar geçen sürede teknolojinin mikro ve makroekonomik değişkenler üzerindeki etkilerini araştıran birçok çalışmanın yapıldığı, ancak çalışma sonuçları üzerinde genel bir fikir birliğine varılamadığı görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında uygulamalı literatür üzerinde yapılan araştırmaya göre konuyla ilgili ilk çalışmalardan biri Keesing'e aittir (Keesing, 1967: 38-48). 1967 yılında yapılan çalışmada araştırmacı ABD'nin imalat sanayi sektörü için 1961-1962 dönemine ait Ar-Ge harcamaları, verimlilik, teknik değişim, beşerî sermaye, rekabet edebilirlik gibi değişkenlerin dış ticaret üzerindeki etkilerini incelemiştir. Geleneksel üretim fonksiyonundaki değişkenleri farklılaştırarak korelasyon ve nedensellik analizleri yapan Keesing, ihracat performansı yüksek imalat sanayi alt sektörlerinde Ar-Ge faaliyetleri şeklindeki inovasyon göstergesinin etkisinin daha yüksek olduğunu tespit etmiştir.

Benzer şekilde Hirsch ve Bijaoui (1985), Kumar ve Siddharthan (1994), Zhao ve Li (1997), Landesmann ve Pfaffermayr (1997), Wakelin (1998), Rasiah (2003), Guan ve Ma (2003), Montobbio ve Rampa (2005), Wagner (2008), Fu, Wu ve Tang (2012), Sandu ve Ciocanel (2014), Neves, Teixeira ve Silva (2016), Fonchamnyo ve Wujung (2016), Han, Thomas, Yang, Ieromonachou ve Zhang (2017) ve Usman (2019) gibi belli başlı araştırmacıların mikro düzeyde (firma ve sektör bazında) yaptıkları çalışmalarda da Keesing'in bulgularını destekleyen sonuçlara ulaşılmıştır. Söz konusu çalışmalarda; ekonomik karmaşıklığı yüksek mal ve hizmet

üreten, rekabet avantajına sahip, monopolcü rekabet piyasasında yer alan, belirli bir tüketici tabanına sahip, reklama harcama yapan ve markalaşan firmaların ihracat mal sepetlerinin teknolojik içeriğinin yükseldiğine ve inovasyona daha fazla yatırım yapıldığına vurgu yapılmıştır. Ayrıca bulguların kullanılan yöntemlere göre farklılaştığı da belirtilmiştir.

Öte yandan Le (1987), Fagerberg (1988), Eaton ve Kortum (1997), Laursen (1999), Hacker ve Hatemi-J (2003), DiPietro ve Anoruo (2006), Özer ve Çiftçi (2009), Gökmen ve Türen (2013), Kılıç, Bayar ve Özekicioğlu (2014), Karahan (2015), Rath ve Akram (2017), Tekin ve Hancıoğlu (2018), Gan ve Cheng (2019) ve Çeştepe vd. (2020) gibi araştırmacılar tarafından makro düzeyde (ülke ve/veya ülkeler) yapılan çalışmalarda da teknolojinin ihracat üzerinde etkili olduğu, ancak etkinin yönünün ve büyüklüğünün kullanılan gösterge ve ülke/ülke grubuna göre farklılaştığı tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmalarda genel olarak teknolojinin etkisinin; ülkelerin dünya ticaret ve üretimindeki paylarına, gelişmişlik düzeylerine, talep değişimlerine yönelik esneklik ve uyumlarına, üretim ölçeklerinin büyüklüğüne ve endüstri içi ticaret hacimlerine göre farklılaştığı belirlenmiştir.

Türkiye üzerine yapılan çalışmalarda veri mevcudiyetine bağlı olarak, genellikle inovasyonun diğer değişkenlerin yanı sıra dış ticaret üzerindeki etkileri de inceleme konusu yapılmıştır. Yıldırım ve Kesikoğlu (2012), Uzay, Demir ve Yıldırım (2012), Sungur, Aydın ve Eren (2016), Çetin ve Gedik (2017), Ayar ve Erdil (2018), Özdemir (2019), Akarsu (2020) ve Köseoğlu ve Tuncer (2022) tarafından ihracat; Şahbaz, Yanar ve Adıgüzel (2014), Özkan ve Yılmaz (2017), Akyol ve Demez (2020) ve Sey ve Aydın (2021) tarafından yüksek teknoloji ihracatı üzerine yapılan temel çalışmalarda inovasyonun ihracatı pozitif, ancak oldukça düşük düzeyde etkilediği; Karagöz (2007) ve Korkmaz, Ermeç ve Yücedağ (2009)'ın çalışmalarında ise anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Söz konusu çalışmalara göre Türkiye'nin ihracatı üzerinde inovasyonun etkisinin artması için üretim teknolojisinin geliştirilmesine yönelik yatırımlara ağırlık verilmesi gerekmektedir. Yukarıda verilen çalışmalara ilişkin özet bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Inovasyon-İhracat İlişkinine Yönelik Literatür Özeti

	Araştırmacı(lar)/Çalışma Yılı	Ülke(ler)/Dönem	Yöntem	Sonuç	
Firma/Sektör Bazında Yapılan Çalışmalar	Keesing/1967	ABD/1961-1962	Korelasyon, Nedensellik	Karşılıklı +	
	Hirsch ve Bijaoui (1985)	İsrail/1979-1981	Regresyon	+	
	Kumar ve Siddharthan (1994)	Hindistan/1988-1990	Tobit Model	+	
	Zhao ve Li (1997)	Çin/1991	Lojistik regresyon	+	
	Landesmann ve Pfaffermayr (1997)	7 OECD ülkesi/1967-1987	Panel regresyon	-/+	
	Wakelin (1998)	İngiltere/1988-1992	Probit, Kesikli	+	
	Rasihah (2003)	Malezya-Tayland/2001-02	Yatay kesit regresyon	+	
	Guan ve Ma (2003)	Batı-Doğu Almanya/1993-2003	Panel veri	+	
	Montobbio ve Rampa (2005)	9 GOÜ/1985-1998	Yapısal Ayrışma	+	
	Wagner (2008)	Almanya/1999-2002	Panel veri	+/Etki yok	
	Fu, Wu ve Tang (2012)	Çin/2005-2007	Parametrik eşleştirme	Çok düşük +	
	Sandu ve Ciocanel (2014)	27 Avrupa ülkesi/2006-2010	Panel veri	+	
	Neves, Teixeira ve Silva (2016)	Portekiz/2006-2012	Panel Veri	Karşılıklı +	
	Fonchamnyo ve Wujung (2016)	Kamerun/2011-2013	Tobit ve Logit Modeli	+	
	Han vd. (2017)	Çin/ 1998-2009	Veri Zarflama Analizi	Etki yok	
	Usman (2019)	Pakistan/1995-2014	ADF, regresyon	+	
	Ülke/ler Bazında Yapılan Çalışmalar	Le (1987)	G7 Ülkeleri/1975-1983	Panel veri	+
		Fagerberg (1988)	15 OECD Ülkesi/1961-1983	Zaman Serisi	+
		Eaton ve Kortum (1997)	19 OECD Ülkesi/1971-1990	Zaman serisi	+
Laursen (1999)		19 OECD Ülkesi/1965-1988	Panel veri	+	
Hacker ve Hatemi-J (2003)		İsveç/1970-1999	VECM, Granger nedensellik	Karşılıklı +	
DiPietro ve Anoruo (2006)		59 ülke/2006	Yatay kesit regresyon	+	
Özer ve Çiftçi (2009)		OECD Ülkeleri/1990-2005	Panel veri	+	
Gökmen ve Türen (2013)		15 AB Ülkesi/1995-2010	Panel veri	+	
Kılıç, Bayar ve Özekicioğlu (2014)		G-8 Ülkeleri/1996-2011	Panel veri	+	
Karahan (2015)		Avrupa Ülkeleri/2000-2013	Panel veri	+	
Rath ve Akram (2017)		Güney Asya Bölgesi/1995-2014	Panel eş bütünleşme	-/+	
Tekin ve Hancıoğlu (2018)		36 Ülke/2008-2015	Panel veri	+	
Gan ve Cheng (2019)		Çin/2000-2010	Panel veri	+	
Çeştepe vd. (2020)		26 GOÜ/1990-2017	Panel nedensellik	Karşılıklı +	
Karagöz (2007)		1980-2003	Zaman serisi	Etki yok	
Korkmaz, Ermeç ve Yücedağ (2009)		2008 (Mart-Haziran)	Saha araştırması	Etki yok	
Yıldırım ve Kesikoğlu (2012)		1996-2008	Panel veri	+	
Uzay vd. (2012)		1995-2005	Panel veri	Gecikmeli +	
Şahbaz, Yanar ve Adıgüzel (2014)		1996-2011	Panel eşbüt., nedensellik	Karşılıklı +	
Özsağır ve Çütü (2015)		1980-2013	VECM	Karşılıklı +	
Sungur, Aydın ve Eren (2016)		1990-2013	Zaman serileri	+	
Çetin ve Gedik (2017)		2016 (Mart-Mayıs)	SPSS	+	
Özkan ve Yılmaz (2017)		1996-2015	Panel veri	+	
Ayar ve Erdil (2018)		2017 (1 Şubat-15 Mart)	SPSS	+	
Özdemir (2019)		1960-2014	Zaman serisi	+	
Akarsu (2020)		1984-2017	ADF, Granger nedensellik	+	
Akyol ve Demez (2020)		2007-2017	Panel Veri	+	
Sey ve Aydın (2021)	1990-2018	ARDL, Toda-Yamamoto	+		
Köseoğlu ve Tuncer (2022)	2021	Regresyon, yapısal eşitlik	+		

Not: (+) pozitif, (-) negatif etkiyi ifade etmektedir.

Tabloda verilen çalışmalar incelendiğinde genel olarak inovasyon ile ihracat arasında bir ilişkinin olduğu, ancak ilişkinin yönünün ve büyüklüğünün farklılık gösterdiği görülmektedir. Bulguların farklılaşmasında; ele alınan ülke ve ülke gruplarının, kullanılan inovasyon göstergelerinin, ihracat kompozisyonunun, ekonometrik analiz yöntemlerinin ve dönemlerinin etkili olduğu söylenebilir. Bu çalışma, teknoloji yoğunluğuna göre ihracat ve kullanılan inovasyon göstergeleri ile veri dönemi açısından ulusal literatürdeki diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir. Türkiye'nin teknoloji yoğunluğuna göre ihracat performansının artırılmasına yönelik politika önerilerinde bulunan bu çalışmanın ulusal literatüre katkı sağlaması ve gelecekteki çalışmalara ışık tutması beklenmektedir.

Amaç, Veri Seti ve Yöntem

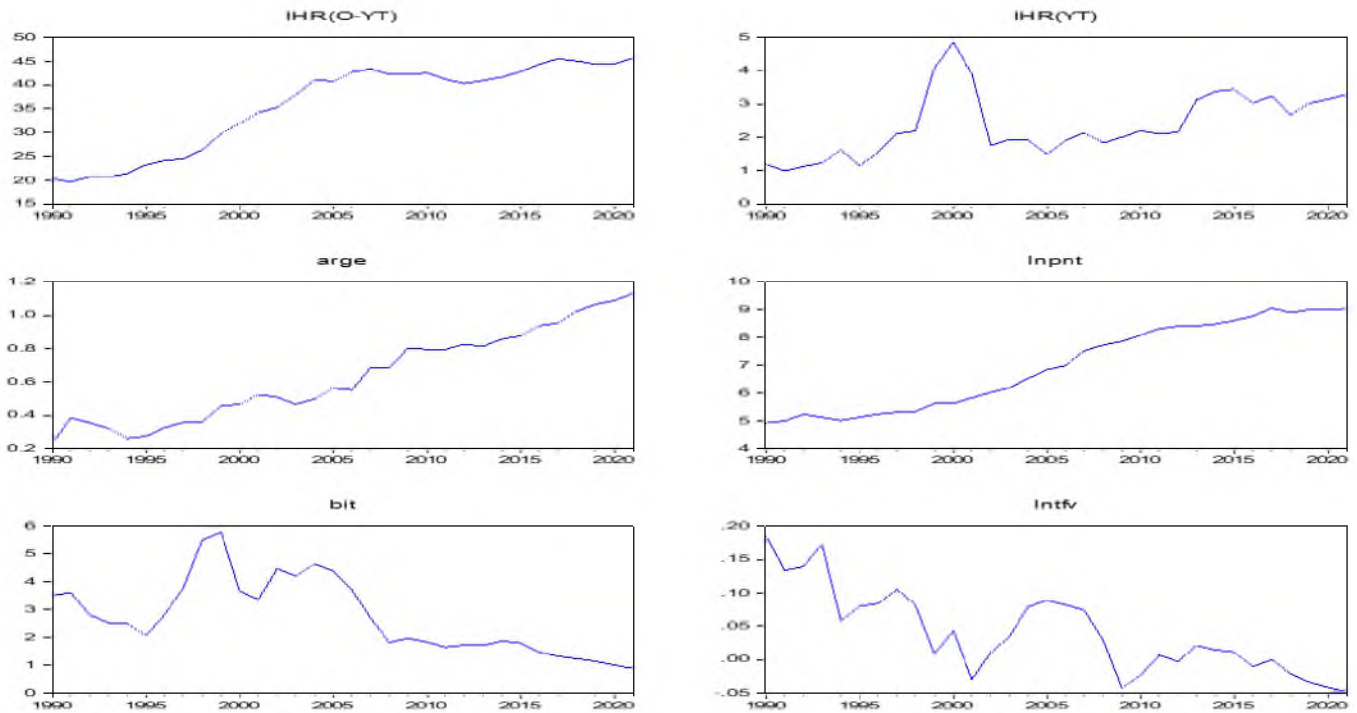
Bu çalışmada farklı inovasyon göstergelerinin Türkiye'nin teknoloji yoğunluğuna göre ihracatı üzerindeki etkileri zaman serisi analizleri ile incelenmiştir. Analizlerde veri mevcudiyetine göre hareket edilmiş ve 1990-2021 dönemine ilişkin veriler kullanılmıştır. Araştırmaya konu edilen değişkenlere ilişkin temel bilgiler Tablo 2'deki gibidir.

Tablo 2. Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı Bilgiler

Değişken	Değişken-Tanım	Kaynak
IHR _{O-YT}	Orta-yüksek teknoloji ürün ihracatı (% toplam imalat sanayi ihracatı)	WB
IHR _{YT}	Yüksek teknoloji ürün ihracatı (% toplam imalat sanayi ihracatı)	WB
arge	Ar-Ge Harcamaları (% GSYH)	OECD
lnpnt	Patent başvuru sayıları (Bin)	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
bit	BİT malları ihracatı (% toplam ihracat)	WB
Intfv	Toplam faktör verimliliği (Index USA=1, SGP)	FRED

Not: WB Dünya Bankası ve FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis veri tabanlarını ifade etmektedir.

Değişkenlerin 1990-2021 dönemindeki zamana bağlı değişimleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Değişkenlerin 1990-2021 Dönemi Değişimleri

Şekil 1'de görüldüğü gibi orta-yüksek ve yüksek teknoloji ürünlerin ihracatı söz konusu dönem boyunca artış eğilimi göstermiştir. IHR_{O-YT}'deki değişim daha istikrarlıyken IHR_{YT}'deki değişimin daha dalgalı olduğu ve IHR_{O-YT}'deki artışın Y_T'ye göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Inovasyon göstergelerinden arge ve lnpnt 1990-2021 döneminde sürekli ve artan bir trend izlerken, bit ve Intfv'nin zaman içinde azalan yönde hareket ederek istikrarsız bir trend izledikleri görülmektedir. Şekile göre Intfv'deki düşüş bit'teki düşüşten daha yüksektir.

Inovasyonun teknoloji yoğunluğuna göre ihracat üzerindeki etkilerini tespit etmeye yönelik temel fonksiyon için Karatostas tarafından 2022 yılında benzer değişkenler kullanılarak yapılan çalışma baz alınmıştır (Karakostas, 2022: 43-44). Bu çalışmaya göre uyarlanan temel ihracat fonksiyonu şu şekildedir.

$$IHR_{O-YT, YT} = f(\text{arge}, \text{lnpnt}, \text{bit}, \text{Intfv}) \quad (1)$$

(1) nolu fonksiyondan hareketle oluşturulan regresyon tahmin denklemleri aşağıdaki gibidir.

$$(IHR_{O-YT})_t = \beta_0 + \beta_1(\text{arge})_t + \beta_2(\text{lnpnt})_t + \beta_3(\text{bit})_t + \beta_4(\text{Intfv})_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$(IHR_{YT})_t = \beta_0 + \beta_1(\text{arge})_t + \beta_2(\text{lnpnt})_t + \beta_3(\text{bit})_t + \beta_4(\text{Intfv})_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

(2) ve (3) nolu denklemlerde IHR_{O-YT} ve IHR_{YT} bağımlı değişkenleri, arge , lnpnt , bit , Intfv bağımsız değişkenleri, β_0 sabiti, β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 bağımsız değişkenlerin katsayılarını, t zamanı ve ε hata terimini temsil etmektedir.

Çalışmada yapılan tahminlere ilişkin sonuçların yanıtıcı olmasını engellemek amacıyla öncelikle değişkenlerin zaman içindeki değişimlerinin ortalamadan sapma gösterip göstermedikleri, yani durağan olup olmadıkları incelenmiştir. Karşılaştırılabilir bulgular elde etmek için hem geleneksel Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) durağanlık testi hem de ekonomik krizler, salgın hastalıklar vb. gibi rassal şokların etkilerini dikkate alan Zivot-Andrews yapısal kırılmalı birim kök testi uygulanmıştır. KPSS birim kök testinde r_t otonom rassal yürüyüş parametresini ($r_t = r_{t-1} + u_t$; $u_t \sim ND(0, \sigma_u^2)$), (β_t) deterministik trendi ve sabit ve durağan $ND(0, \sigma_\varepsilon^2)$ hata terimini içeren $y_t = r_t + \beta_t + \varepsilon_t$ şeklinde model kurulmakta ve deterministik trendden arındırılmış seri(ler) analiz edilmektedir. Serideki zamanı bilinmeyen kırılmanın dikkate alındığı ve içsel olarak modele dahil edildiği Zivot-Andrews birim kök testinde ise $Y_t = \mu + Y_{t-1} + e_t$ temel hipotezi altında ADF test istatistiğine dayalı üç denklem yardımıyla birim kök test edilmektedir (Kwiatkowski vd, 1992: 159-178; Zivot & Andrews, 1992: 251-270). KPSS birim kök testinde hesaplanan değer, kritik değerden büyükse serinin durağan olduğunu iddia eden temel hipotez reddedilmektedir (Yavuz, 2011: 244). Zivot-Andrews testinde ise hesaplanan t istatistiği kritik değerden küçükse/mutlak değer olarak büyükse, yapısal kırılma olmadan birim kökün varlığını gösteren temel hipotez reddedilmektedir (Yılancı, 2009: 328).

Çalışmada yapılan birim kök testlerine ilişkin sonuçlar, değişkenlerin tamamının seviye değerleri ile durağan olduklarını göstermiştir. Bu nedenle inovasyon göstergelerinin teknoloji yoğunluğuna göre ihracat üzerindeki etkileri VAR modeli ile tahmin edilmiştir. Sims tarafından geliştirilen ve Granger nedensellik testine dayanan VAR analizinde, en az iki bağımsız değişken üzerinden hareket edilmekte, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin gecikmeli değerlerine göre tahminler yapılmaktadır (Sims, 1980: 25-31). VAR modeli tahminleri ile sadece değişkenler arasında ilişki olup olmadığı ortaya konulmakta, değişkenlere ilişkin katsayı değerleri yorumlanmamaktadır. VAR modeli tahminleri doğrultusunda değişkenler arasındaki ilişkiler, Varyans Ayrıştırması ve Etki-Tepki fonksiyonları ile belirlenmiştir.

Varyans ayrıştırmasında ele alınan değişkenin varyansında ortaya çıkan değişimin ne kadarının kendi gecikmeli değerleri ve diğer değişkenlerin değerleri tarafından açıklandığı araştırılmaktadır. VAR modelinden elde edilen etki-tepki fonksiyonları, değişkenlerden birine verilen bir birimlik şoka diğer değişkenlerin vereceği tepkileri ortaya koymaktadır (Özgen & Güloğlu, 2004: 96-98). Bu çalışmada teknoloji yoğunluğuna göre ihracat üzerinde en etkili olan inovasyon göstergesinin tespiti için varyans ayrıştırmasından; etkili olan bu göstergenin politika aracı olup olmayacağını belirlemek için etki-tepki fonksiyonlarından yararlanılmıştır.

Son olarak VAR modeli tahminleri sonrasında söz konusu modellerin bir bütün olarak istikrarlı olup olmadıkları, modellerden elde edilen AR karakteristik polinomial ters kökleri ile incelenmiştir (Özgen & Güloğlu, 2004: 99). Buna göre tüm ters köklerin birim çember içinde yer alması VAR sürecinin, yani tahmin edilen modellerin istikrarlı yapıya sahip olduklarını göstermektedir. Analizlerin yapılmasında E-Views 12 ve WinRATS Pro 8.1 ekonometrik paket programlarından yararlanılmıştır.

Bulgular

Analizlerde kullanılan değişkenlerin durağanlıklarına ilişkin KPSS ve Zivot Andrews birim kök test sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur. Her seri için otokorelasyonun olmadığı (max lag 4) gecikme uzunluğu SIC'ye göre belirlenmiştir.

Tablo 3. Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	KPSS _{c,t}		Zivot Andrews _{ModelC}	
	LM-ist.	t-ist.	p	
IHR _{O-YT}	0.067 ^(*)	-4.937 ^(***)	0.059	
IHR _{YT}	0.035 ^(*)	-5.726 ^(*)	0.009	
arge	0.074 ^(*)	-5.372 ^(**)	0.028	
lnpnt	0.062 ^(*)	-5.749 ^(*)	0.000	
bit	0.047 ^(*)	-4.856 ^(***)	0.066	
Intfv	0.065 ^(*)	-5.178 ^(**)	0.019	
Kritik	% 1	0.216	-5.57	
Değer	% 5	0.146	-5.08	
	% 10	0.119	-4.82	

Not: c sabiti, t trendi, ModelC, sabitte ve trendde kırılmayı temsil etmektedir.

(*), (**) ve (***); değişkenlerin sırasıyla % 1, % 5 ve % 10 önem düzeylerinde durağan olduklarını göstermektedir.

Tablo 3'teki KPSS birim kök testi sonuçlarına göre çalışmada ele alınan tüm değişkenler için "Seri durağandır." şeklindeki H₀ hipotezi kabul edilmiş ve sabitli-trendli modelde % 1 önem düzeyinde değişkenlerin seviye değerleri ile durağan olduklarına karar verilmiştir. Yapısal kırılmalı Zivot-Andrews birim kök testi sonuçları da KPSS birim kök testi sonuçlarını destekler niteliktedir. Zivot-Andrews test sonuçları tüm değişkenler için "Yapısal kırılma olmadan seri birim kök içermektedir" şeklindeki temel hipotezin reddedildiğini göstermektedir. Buna göre IHR_{YT} ve lnpnt değişkenleri % 1, arge ve Intfv değişkenleri % 5 ve IHR_{O-YT} ve bit değişkenleri % 10 önem düzeyinde seviye değerleri ile durağandırlar. Değişkenler seviye değerleriyle [I(0)] durağan olduklarından çalışmada VAR analizi yapılmasına karar verilmiştir.

VAR analizi yapılmadan önce (2) ve (3) nolu modeller için uygun gecikme uzunlukları belirlenmiştir. Bunun için LogL, LR Test İstatistiği, Son Öngörü Hatası Kriteri (FPE), Akaike Bilgi Kriteri (AIC), Schwarz Bilgi Kriteri (SC) ve Hannan-Quinn (HQ) kriterlerinden yararlanılmıştır. 1990-2021 dönemine ilişkin yıllık verilerin ele alındığı çalışmada veri bulma güçlüğü nedeniyle maksimum gecikme uzunlukları 4 olarak belirlenmiştir. Gecikme uzunluklarının belirlenmesine yönelik değerler Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. (2) ve (3) Nolu Modeller İçin Uygun Gecikme Uzunluklarının Belirlenmesi

Model No	Gecikme Sayısı	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
(2)	0	-50.564	NA	3.64e-05	3.969	4.207	4.042
	1	83.486	210.650	1.56e-08	-3.820	-2.393	-3.384
	2	110.309	32.572	1.65e-08	-3.951	-1.334	-3.154
	3	144.659	29.442	1.48e-08	-4.618	-0.812	-3.455
	4	224.464	39.903 ^(*)	1.26e-09 ^(*)	-8.533 ^(*)	-	3.5378^(*)	-7.006^{(*)}
(3)	0	-13.518	NA	2.58e-06	1.323	1.561	1.395
	1	94.039	169.018	7.34e-09	-4.574	-3.147	-4.138
	2	122.464	34.516	6.95e-09	-4.819	-2.202	-4.019
	3	153.656	26.736	7.81e-09	-5.261	-1.455	-4.0978
	4	229.042	37.693 ^(*)	9.08e-10 ^(*)	-8.860 ^(*)	-3.864 ^(*)	-7.333 ^(*)

(*): Optimal gecikme uzunluğunu temsil etmektedir.

Tablo 4'te verilen beş temel bilgi kriterine göre hem (2) hem de (3) nolu modeller için VAR modeli optimal gecikme uzunluğu 4 olarak belirlenmiştir. (2) ve (3) nolu modeller için VAR(4) modelleri tahmin edilmiş ve tahmin sonuçları istatistiki açıdan anlamlı olan katsayılar bazında Tablo 5'te sunulmuştur (Katsayı değerleri yorumlanmadığı için yerden tasarruf sağlamak amacıyla tüm tahmin bulgularını içeren tablolar Son Notlar kısmına aktarılmıştır.).

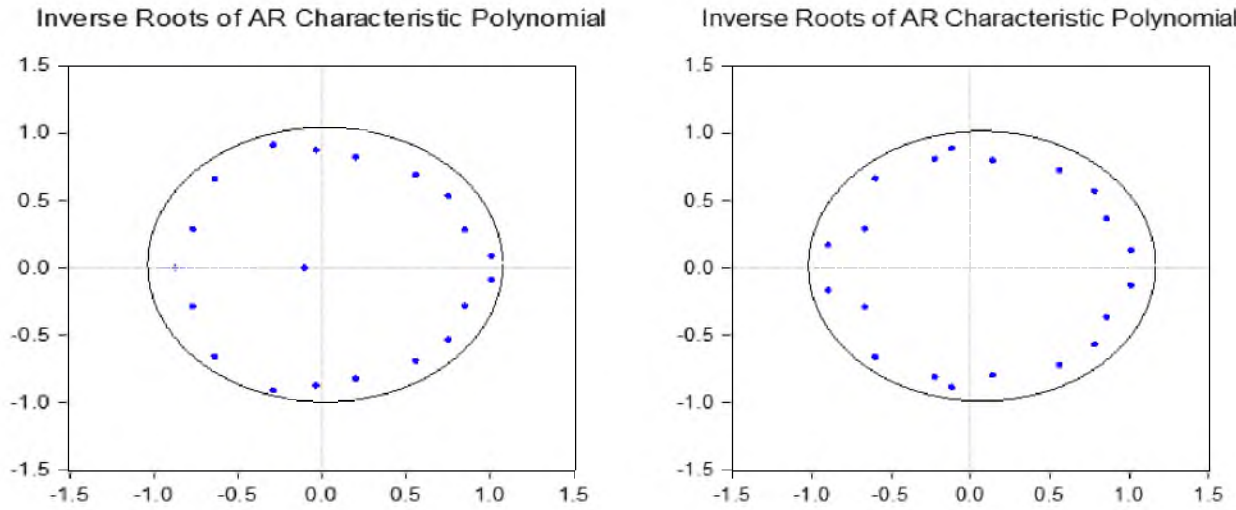
Tablo 5. VAR(4) Modeli Tahmin Sonuçları

Model No	IHRO-YT	Model No	IHR _{YT}
(2)	IHRO-YT₍₋₁₎	(3)	IHR_{YT(-1)}
	lnpnt₍₋₄₎		lnpnt₍₋₂₎
	bit₍₋₂₎		bit₍₋₁₎
	bit₍₋₄₎		c
	c		
R-squared	0.996	R-squared	0.931
F-statistic	79.416	F-statistic	4.698
AIC	2.952	AIC	1.413
SC	3.951	SC	2.412
Jarque-Bera(p)	0.464(0.792)	Jarque-Bera(p)	0.557(0.853)
White(p)	1.521(0.173)	White(p)	1.586(0.195)
Breusch-Godfrey	0.356(0.556)	Breusch-Godfrey	0.236(0.791)
LM(p)		LM(p)	

(*) ve (**); sırasıyla % 5 ve % 10 önem düzeyinde anlamlılığı temsil etmektedir.

Tablo 5'te görüleceği üzere (2) nolu model için VAR(4) modeli tahmin sonuçlarına göre IHRO-YT değişkeni % 10 önem düzeyinde bir dönem gecikmeli kendi değerinden, % 5 önem düzeyinde ise sırasıyla 4 dönem gecikmeli lnpnt ve 2 ile 4 dönem gecikmeli bit değişkeninden pozitif ve anlamlı bir şekilde etkilenmektedir. (3) nolu model için VAR(4) modeli tahmin sonuçları ise IHR_{YT} değişkeninin % 10 önem düzeyinde bir dönem gecikmeli kendi ve bit değişkeni değerinden, % 5 önem düzeyinde 2 dönem gecikmeli lnpnt değişkeninden pozitif ve anlamlı bir şekilde etkilendiğini göstermektedir. Tabloda Jarque Bera, White ve Breusch-Godfrey LM test istatistiklerine ilişkin olasılık değerlerinin 0.05'ten büyük oldukları görülmektedir. Buna göre (2) ve (3) nolu modellerin hata terimleri normal dağılıma sahiptirler, otokorelasyon ve değişen varyans sorunu bulunmamaktadır.

(2) ve (3) nolu modeller için VAR (4) modellerinin bir bütün olarak istikrarlı yapıya sahip olup olmadıklarına ilişkin AR karakteristik polinomunun ters kökleri Şekil 2'de verilmiştir.

**Şekil 2.** VAR (4) Modelleri için AR Karakteristik Polinomunun Ters Kökleri

Şekil 2'nin sol tarafındaki grafikte (2) nolu, sağ tarafındaki grafikte ise (3) nolu modele ilişkin VAR(4) modelinin AR karakteristik polinom ters kökleri verilmiştir. Buna göre hem (2) hem de (3) nolu modeller için VAR (4) modellerine ilişkin otoregresif karakteristik polinomunun ters kökleri birim çember içerisinde dağılmaktadır. Bu nedenle tahmin edilen modellerin bir bütün olarak durağan (istikrarlı) oldukları kabul edilmiştir.

2) ve (3) nolu modeller için tahmin edilen VAR (4) modellerinden hareketle varyans ayrıştırması ve etki-tepki analizleri yapılmış ve analiz sonuçları Tablo 6 ve 7'de sunulmuştur.

Tablo 6. (2) nolu Model için VAR (4) Modeli Varyans Ayrıştırması Analizi Sonuçları

Dönem	IHR _{O-YT}	arge	lnpnt	bit	lntfv
1	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	97.243	1.175	1.468	0.099	0.013
3	88.541	3.201	2.918	5.263	0.075
4	82.353	7.419	5.700	4.464	0.062
5	81.434	9.816	4.564	3.923	0.262
6	76.880	11.651	3.710	6.346	1.411
7	74.427	12.943	3.116	6.430	3.080
8	71.978	15.193	3.012	6.108	3.707
9	69.655	14.974	4.566	6.392	4.411
10	68.196	14.273	5.733	6.332	5.464

Tablo 6'da verilen varyans ayrıştırması analiz sonuçları, orta-yüksek teknoloji ürün ihracatının varyansındaki değişimin inovasyon göstergelerinden ziyade kendi şoklarıyla açıklandığını göstermektedir. Tabloya göre 10 dönem sonunda IHR_{O-YT} değişkeninin % 68.2'si kendisinden, % 14.3'ü arge, % 5.7'si lnpnt, % 6.3'ü bit ve % 5.5'i lntfv değişkeninden etkilenmektedir. IHR_{O-YT} değişkeni üzerinde en etkili olan inovasyon göstergesi Ar-Ge harcamalarıdır.

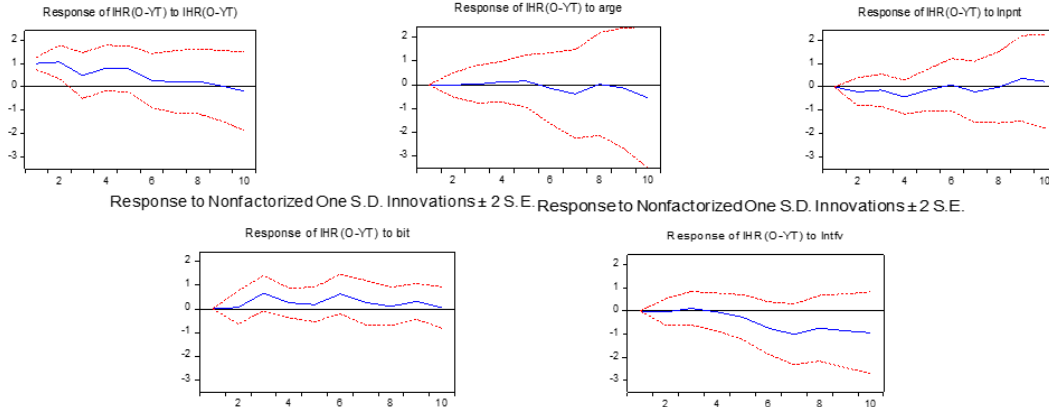
Tablo 7. (3) nolu Model için VAR (4) Modeli Varyans Ayrıştırması Analizi Sonuçları

Dönem	IHR _{YT}	arge	lnpnt	bit	lntfv
1	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	65.837	15.795	7.536	10.828	0.001
3	53.722	22.753	6.181	16.794	0.547
4	50.870	26.408	5.777	16.175	0.768
5	48.498	25.725	5.663	19.221	0.890
6	46.258	26.984	6.638	17.858	2.259
7	29.830	49.055	7.717	12.001	1.395
8	27.882	52.517	6.700	10.401	2.498
9	27.655	51.685	7.085	10.866	2.707
10	30.006	50.130	6.778	10.510	2.574

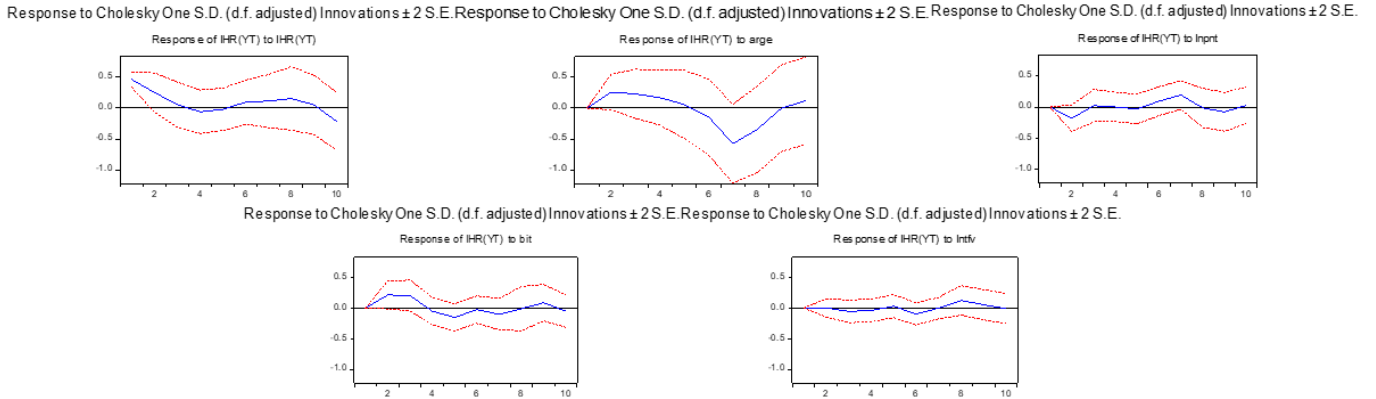
Tablo 7'de sunulan bulgulara göre yüksek teknoloji ürün ihracatının varyansındaki değişimin kendi şoklarıyla açıklanma oranı, orta-yüksek teknoloji ürün ihracatına göre daha düşüktür. IHR_{YT} değişkeninin de inovasyon göstergelerinden etkilenme oranı kendi gecikmelerinden etkilenme oranından daha düşüktür. Elde edilen sonuçlara göre 10 dönem sonunda yüksek teknoloji ürün ihracatı değişkeninin % 30'u yine kendisi, % 50.1'i Ar-Ge harcamaları, % 6.8'i patent başvuruları, % 10.5'i bilgi iletişim teknolojileri ve % 2.6'sı toplam faktör verimliliği tarafından açıklanmaktadır. Buna göre IHR_{YT} değişkeni üzerinde de etkili olan inovasyon göstergesi Ar-Ge harcamalarıdır. Tablo 6 ve 7'deki varyans ayrıştırması analiz sonuçları karşılaştırmalı olarak ele alındığında Ar-Ge harcamalarının hem IHR_{O-YT} ve IHR_{YT} üzerinde en etkili değişken, IHR_{YT} üzerindeki etkinin nispi olarak daha yüksek olduğu görülmektedir.

VAR analizi kapsamında (2) ve (3) nolu modeller için etki-tepki analizleri yapılmış ve IHR_{O-YT} ve IHR_{YT} değişkenleri üzerinde etkili olan inovasyon göstergelerine ilişkin etki-tepki fonksiyonu grafikleri Şekil 3 ve 4'te verilmiştir. (Diğer tüm değişkenlere ilişkin etki-tepki fonksiyonları Son Notlar kısmındadır.).

Response to Nonfactorized One S.D. Innovations ± 2 S.E. Response to Nonfactorized One S.D. Innovations ± 2 S.E. Response to Nonfactorized One S.D. Innovations ± 2 S.E.

**Şekil 3.** (2) Nolu Model için Etki-Tepki Fonksiyonları

Şekil 3'te görüleceği üzere orta-yüksek teknoloji ürün ihracatı değişkenine verilen bir birimlik şoka değişkenin kendi tepkisi, 8. döneme kadar pozitif nitelikli olmakla birlikte bu etki ilk dönemden itibaren azalarak devam etmekte ve 9. dönemde sıfırlanıp negatif hale gelmektedir. Inovasyon göstergelerinden olan Ar-Ge harcamalarına verilen şok, ilk 3 dönemde orta-yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerinde etkili değilken 4. ve 5. dönemde düşük te olsa pozitif bir etkiye sahiptir. Ar-Ge harcamalarının etkisi 5. dönemden sonra sıfırlanmakta ve sonrasında negatif olarak devam etmektedir. Patent başvurularına verilen şokun orta-yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerinde 6, 8 ve 10. dönem dışında negatif etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bilgi iletişim teknolojileri değişkeninin orta-yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerindeki etkisi 3. dönemden itibaren düşük te olsa pozitif nitelikli olmakla birlikte bu etki 9. dönemden itibaren sıfırlanmaktadır. Son olarak toplam faktör verimliliği değişkenine verilen şokun 4. döneme kadar etkisinin olmadığı sonraki dönemlerde ise etkinin negatif olarak devam ettiği görülmektedir. Etki-tepki fonksiyonlarına göre IHR_{O-YT} değişkeni üzerinde küçük te olsa pozitif etkiye sahip olan iki temel inovasyon göstergesi bit ve $lnpnt$ 'dir.



Şekil 4. (3) Nolu Model için Etki-Tepki Fonksiyonları

Şekil 4'e göre yüksek teknoloji ürün ihracatı değişkenine verilen bir birimlik şoka değişkenin kendisinin verdiği tepki, 4. döneme kadar pozitif nitelikli olmakla birlikte bu etki ilk dönemden itibaren azalarak devam etmekte, 4-6. dönemlerde negatif olmakta ve 9. döneme kadar pozitif olarak devam etmektedir. Genel itibarıyla değişkenin kendi gecikmeli değerlerine verdiği tepkinin istikrarlı bir seyir izlemediği görülmektedir. Inovasyon göstergelerinden olan Ar-Ge harcamalarına verilen şokun, 5. döneme kadar yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerinde düşük ama pozitif etkiye sahip olduğu, ancak sonrasında 9. döneme kadar göre oldukça yüksek düzeyde negatif etki yarattığı görülmektedir. Patent başvurularının yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerindeki etkisi istikrarlı bir seyir izlememektedir. $lnpnt$ değişkenine verilen şoka IHR_{YT} 'nin verdiği tepkiler 1-2 ve 9. dönemlerde negatif, 5-8. dönemlerde pozitif iken 2-5. dönem arasında tepkisizdir. Bilgi iletişim teknolojileri değişkenine verilen şoka yüksek teknoloji ürün ihracatının 1-3 ve 8-9. dönemlerde pozitif, 3-8. dönem arasında negatif tepki verdiği görülmektedir. Son olarak Şekil 4'e göre toplam faktör verimliliği değişkenine verilen şok, 1-2 ve 4-5. dönemlerde etkili değildir. 7-8. dönemler dışında etki negatif niteliklidir. Etki-tepki fonksiyonlarından hareketle IHR_{YT} değişkeni üzerinde küçük te olsa pozitif etkiye sahip olan iki temel inovasyon göstergesinin Ar-Ge ve $lnpnt$ olduğu söylenebilir.

Analiz sonuçlarına göre orta-yüksek teknoloji ürün ihracatının geçmiş dönem performansının, gelecekteki ihracat performansı üzerindeki pozitif etkisi, yüksek teknoloji ürün ihracatının etkisinden daha yüksektir. Orta-yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerinde etkili olan temel inovasyon göstergesi bit, yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerinde etkili olan gösterge ise Ar-Ge harcamalarıdır.

Çalışma kapsamında yapılan varyans ayrıştırmasında teknoloji yoğunluğuna göre ihracat üzerinde en etkili inovasyon göstergesinin Ar-Ge olduğu tespit edilmiştir. Bu inovasyon göstergesinin politika aracı olup olmayacağını belirlemeye yönelik etki-tepki fonksiyonları ise Türkiye'de teknoloji ihracatının inovasyondan kısmen etkilendiğini ve bu nedenle ihracat açısından uluslararası rekabet gücü elde etme imkanının düşük olduğunu göstermiştir.

Tartışma ve Sonuç

Uluslararası iktisat literatürünün temel konularından olan inovasyon ve ihracatın ele alındığı bu çalışmada; Ar-Ge harcamaları, patent başvuru sayıları, BIT ve TFV şeklindeki temel inovasyon göstergelerinin teknoloji yoğunluğuna göre ihracat üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla Türkiye için 1990-2021 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak KPSS ve Zivot Andrews birim kök testleri, VAR model tahminleri ve VAR modellerinden hareketle varyans ayrıştırma ve etki tepki analizleri yapılmıştır.

Birim kök testi sonuçları değişkenlerin düzey değerleriyle $I(0)$ durağan olduklarını göstermiştir. Orta-yüksek ve yüksek teknoloji ürün ihracatının bağımlı değişken olarak alındığı iki VAR modelinin tahmin sonuçlarına dayalı varyans ayrıştırması sonuçlarına

göre etkisi düşük olsa da teknoloji yoğunluğuna göre ihracatı açıklayan temel inovasyon göstergesi Ar-Ge harcamalarıdır. Etki-tepki fonksiyonları ise düşük düzeyde de olsa orta-yüksek teknolojlili ürün ihracatı üzerinde etkili olan temel inovasyon göstergesinin BIT, yüksek teknolojlili ürün ihracatı üzerinde etkili olan göstergenin ise Ar-Ge harcamaları olduğunu göstermiştir. Ayrıca orta-yüksek teknolojlili ürün ihracatının geçmiş dönem performansının, gelecekteki ihracat performansı üzerindeki pozitif etkisinin, yüksek teknolojlili ürün ihracatının etkisinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Analizlerden elde edilen temel çıktılar genel olarak değerlendirildiğinde Türkiye’de teknoloji ihracatının inovasyondan kısmen etkilendiğini ve bu nedenle ihracat açısından uluslararası rekabet gücü elde etme imkanının düşük olduğunu söylemek mümkündür. Türkiye’nin rekabet avantajını artırabilmesi için nitelikli işgücü, bilgi ve teknolojiye dayalı katma değeri ve ekonomik karmaşıklığı yüksek ihraç mal ve hizmetlerini üretmesi ve satması gerekmektedir. Bunun için diğer inovasyon göstergelerinin yanı sıra özellikle varyans ve etki-tepki analizlerinde en etkili değişken olarak ön plana çıkan Ar-Ge harcamalarına yönelik kamu-özel yatırımların artırılması önem arz etmektedir.

Türkiye’de orta-yüksek ve özellikle yüksek teknolojlili üretim ve ihracatın artırılması; Türk eğitim sisteminde nitelikli işgücü yetiştirmeye yönelik yapısal dönüşüm gerçekleştirilmesini, imalat sanayi sektöründe yenilik tabanlı uygulamalı eğitimler yoluyla sektörün talebine uygun nitelikli işgücünün yetiştirilmesini ve istihdam edilmesini ve aktif ve yaratıcı girişimcilerin desteklenmesini gerektirmektedir. Bunun yanısıra inovasyon-ihracat ilişkisini ve geleceğin üretim teknolojilerini dikkate alan bilimsel çalışmaların artırılması, imalat sanayi sektörüne yön verecek akademik çalışmaların desteklenmesi ve uzman araştırmacıların Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarına katılımının sağlanması teknoloji yoğun ihracatın ithalata bağımlılığının azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca kamunun Ar-Ge faaliyetleri başta olmak üzere inovasyon ve teknoloji yoğun üretim sektörlerine etkin ve verimli yatırımlar yapması, tüm sektör paydaşlarının bir araya gelebilecekleri merkezlerin kurulması ve özel yatırımcılara optimal düzeyde kamu desteği sağlanması kaynak etkinliğinin sağlanması açısından son derece önemlidir.

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular; Hirsch ve Bijaoui (1985), Le (1987), Zhao ve Li (1997), Şahbaz vd. (2014), Kılıç vd. (2014), Özkan ve Yılmaz (2017), Neves, Teixeira ve Silva (2016), Usman (2019) ve Akyol ve Demez (2020) gibi araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda elde edilen bulgularla örtüşmektedir. Bununla birlikte bulgular; Landesman ve Pfaffermayr (1997), Karagöz (2007), Wagner (2008), Fu, Wu ve Tang (2011) ve Han vd. (2017) tarafından yapılan temel çalışmaların sonuçlarından farklılaşmaktadır. Söz konusu farklılığın veri dönemi, kullanılan yöntem, örneklem ve standart olmayan inovasyon göstergesi kullanılmasından kaynaklanmış olabileceğini söylemek mümkündür. Gelecekte yapılacak çalışmalarda özellikle standartlaştırılmış inovasyon göstergelerine ilişkin veri setlerinin kullanılmasının daha anlamlı sonuçlara ulaşmasını sağlayabileceği ifade edilebilir.

Son Notlar

1. (2) ve (3) Nolu Modeller İçin VAR (4) Modelleri Tahmin Sonuçları

Tablo 1. (2) Nolu Model için VAR(4) Modeli Tahmin Sonuçları

	IHR _{O-YT}	arge	lnpnt	bit	lntfv
IHR _{O-YT(-1)}	1.065767 ^(**)	0.010463	0.056921	0.169400	0.012177
IHR _{O-YT(-2)}	-0.541757	-4.75E-05	0.000397	0.075825	-0.021926
IHR _{O-YT(-3)}	0.599122	0.016989	0.011050	-0.094222	0.011972
IHR _{O-YT(-4)}	-0.299516	-0.011583	0.006224	-0.023147	-0.002268
arge ₍₋₁₎	-0.014647	0.395054	-1.241247	1.277050	0.135276
arge ₍₋₂₎	-1.590367	0.434541	-0.021207	4.080277	0.414493 ^(*)
arge ₍₋₃₎	0.323637	-0.165722	-0.093846	4.618587	-0.033803
arge ₍₋₄₎	-5.523858	-0.123376	-1.376512	9.033437 ^(**)	0.308729
lnpnt ₍₋₁₎	-2.024266	-0.066959	0.143061	-1.578831	0.028384
lnpnt ₍₋₂₎	1.381167	0.021624	0.180880	-0.216181	-0.040716
lnpnt ₍₋₃₎	-1.973429	-0.099896	0.238440	0.175961	0.027412
lnpnt ₍₋₄₎	4.804657 ^(*)	0.140564 ^(*)	0.460095	0.644947	-0.029348
bit ₍₋₁₎	0.134531	0.004570	-0.011089	0.145553	-0.008738
bit ₍₋₂₎	1.192699 ^(*)	-0.026194	-0.014916	-0.394460	0.012800
bit ₍₋₃₎	-0.941785	0.037156 ^(*)	0.002163	-0.125867	-0.029781
bit ₍₋₄₎	1.016723 ^(*)	-0.058549 ^(**)	-0.033209	-0.253351	0.022223
lntfv ₍₋₁₎	-1.645837	-0.361527	-0.785170	-0.801641	0.615124 ^(**)
lntfv ₍₋₂₎	5.595254	0.238904	0.528338	1.733926	0.016706
lntfv ₍₋₃₎	-8.316692	0.529114 ^(*)	-0.128671	8.067477 ^(*)	0.468202 ^(*)
lntfv ₍₋₄₎	-4.973671	-0.024229	-0.006530	12.26907 ^(*)	0.121048
c	-6.291668	-0.090673	-0.625959	12.32338 ^(**)	0.129843
R-squared	0.995612	0.996623	0.998637	0.970552	0.919313
F-statistic	79.41621	103.2878	256.4274	11.53548	3.987762
AIC	2.952178	-4.067220	-1.532376	1.475016	-4.332685
SC	3.951332	-3.068067	-0.533223	2.474170	-3.333532

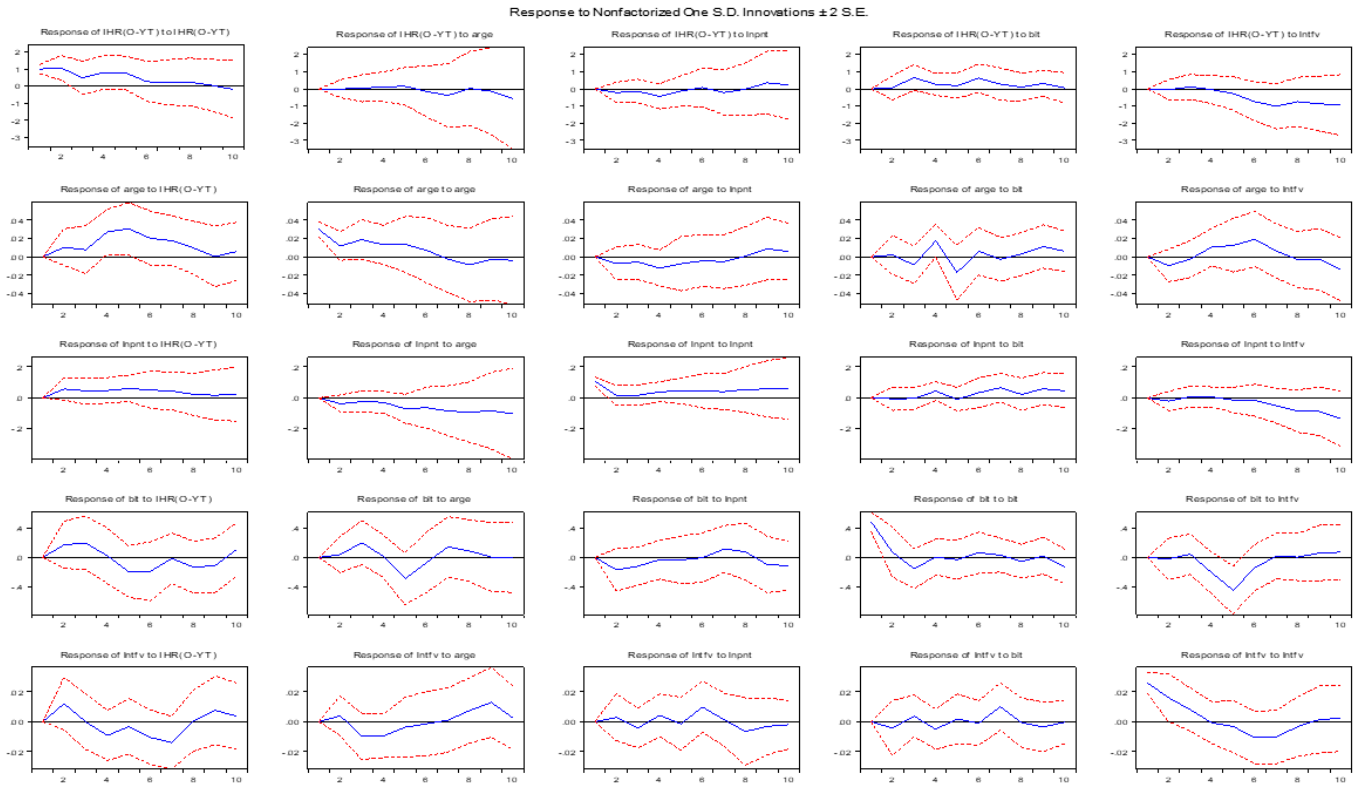
(*) ve (**), sırasıyla % 5 ve % 10 önem düzeyinde anlamlılığı temsil etmektedir.

Tablo 2. (3) Nolu Model için VAR(4) Modeli Tahmin Sonuçları

	IHR _{YT}	arge	lnpnt	bit	lntfv
IHR _{YT(-1)}	0.525552 ^(**)	-0.033484	-0.241420 ^(*)	-0.386271	0.000974
IHR _{YT(-2)}	-0.247292	-0.014045	0.034003	0.365065	-0.030536
IHR _{YT(-3)}	0.351039	-0.000211	-0.068583	-0.110734	0.008554
IHR _{YT(-4)}	-0.401100	0.037444 ^(**)	0.158256 ^(*)	0.391295	0.007831
arge ₍₋₁₎	3.134036	0.467177 ^(**)	-1.208763 ^(*)	1.705516	-0.018200
arge ₍₋₂₎	-3.028976	0.561061 ^(**)	0.317163	3.135014	-0.362987 ^(**)
arge ₍₋₃₎	1.413397	-0.807160 ^(*)	-2.484634 ^(*)	-9.212770 ^(*)	-0.101129
arge ₍₋₄₎	0.761405	-0.509471	-2.998121 ^(*)	-8.961107 ^(*)	-0.001035
lnpnt ₍₋₁₎	-1.428226	-0.040482	0.359103 ^(**)	-0.470368	-0.035814
lnpnt ₍₋₂₎	2.610565 ^(*)	0.017563	-0.072264	-0.834739	-0.050885
lnpnt ₍₋₃₎	-1.563226	-0.028797	0.825887 ^(*)	1.206820	0.054301
lnpnt ₍₋₄₎	0.473305	0.256278 ^(**)	0.946243 ^(*)	0.702117	0.091614
bit ₍₋₁₎	0.553412 ^(**)	-0.005550	-0.020647	0.184021	-0.005665
bit ₍₋₂₎	0.058184	-0.006142	0.131146 ^(*)	-0.099601	0.004110
bit ₍₋₃₎	-0.051033	0.081486 ^(*)	0.174556 ^(*)	0.092256	0.002350
bit ₍₋₄₎	-0.314424	-0.056684 ^(*)	-0.037702	-0.335155	0.014386
lntfv ₍₋₁₎	0.178920	-1.025189 ^(*)	-3.598007 ^(*)	-2.664512	0.182873
lntfv ₍₋₂₎	-4.237745	0.524754	0.993559	3.318597	0.016790
lntfv ₍₋₃₎	5.707597	0.247029	-1.407982 ^(*)	-10.02069 ^(*)	-0.344573
lntfv ₍₋₄₎	0.792247	-0.405059	-0.399112	-9.517080 ^(**)	-0.163004
c	-0.764426	-0.535032	-3.224560 ^(**)	7.302733 ^(**)	-0.047267
R-squared	0.930666	0.994293	0.999271	0.973524	0.923855
F-statistic	4.698012	60.98342	479.4801	12.86931	4.246509
AIC	1.412950	-3.542643	-2.157599	1.368655	-4.390624
SC	2.412104	-2.543489	-1.158445	2.367809	-3.391470

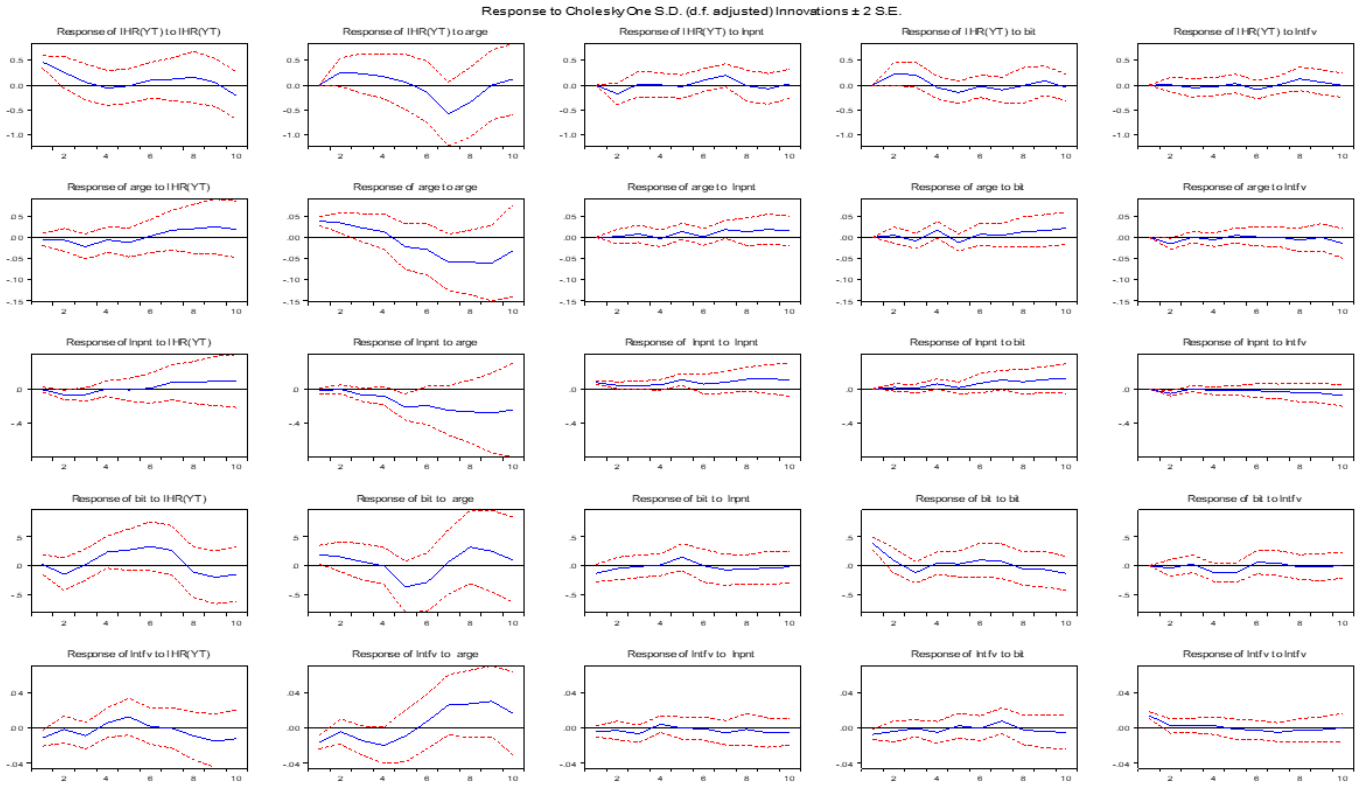
(*) ve (**); sırasıyla % 5 ve % 10 önem düzeyinde anlamlılığı temsil etmektedir.

2. (2) Nolu Modele İlişkin VAR(4) Modeli Etki-Tepki Fonksiyonları



Şekil 1. (2) Nolu Model için Etki-Tepki Fonksiyonları

3. (3) Nolu Modele İlişkin VAR(4) Modeli Etki-Tepki Fonksiyonları



Şekil 2. (3) Nolu Model için Etki-Tepki Fonksiyonları

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkısı: Çalışma Konsepti/Tasarımı: S.Y.; Veri Toplama: F.K.K.; Veri Analizi /Yorumlama: S.Y., F.K.K; Yazı Taslağı: : S.Y.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: S.Y.; Son Onay ve Sorumluluk: S.Y., F.K.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: : S.Y.; Data Acquisition: F.K.K.; Data Analysis/Interpretation: S.Y., F.K.K.; Drafting Manuscript: S.Y.; Critical Revision of Manuscript: S.Y.; Final Approval and Accountability: S.Y., F.K.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:

Sevda Yapraklı 0000-0002-1902-899X
Fatma Kanca Kervan 0000-0001-6093-7346

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akarsu, Y. (2020). Patent başvurularının Türkiye'nin ihracatına etkisi [The impact of patent applications on Turkey's exports]. *Uluslararası Yönetim Eğitim ve Ekonomik Perspektifler Dergisi*, 8(2), 110-124.
- Akyol, M. & Mete, E. (2021). Teknoloji yoğunluklarına göre dış ticaretin ekonomik büyüme üzerine etkisi: Türkiye örneği [The effect of foreign trade on economic growth according to technology intensity: Türkiye example]. *Maliye Dergisi*, 180, 208-232.

- Akyol, M. & Demez, S. (2020). Ar-Ge harcamalarının yüksek teknoloji ürün ihracatına etkisi: AB'ye üye geçiş ekonomileri ve Türkiye analizi [The impact of R&D expenditures on high technology product exports: Analysis of EU member transition economies and Türkiye]. *Gümüşhane Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 11(3), 767-781.
- Ayar, B. & Erdil, T. S. (2018). Inovasyon ve Ar-Ge faaliyetlerinin ihracat performansına etkisi: Türk işletmeleri üzerine algısal bir araştırma [The impact of innovation and R&D activities on export performance: A perceptual research on Turkish businesses]. *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi*, 13(49), 45-68.
- Çakmak, E. & Yıldız, G. (2018). Teknolojik inovasyonun ihracat üzerindeki etkisi: Türkiye-AB (15) ülkeleri örneği [The impact of technological innovation on exports: The example of Türkiye-EU (15) countries]. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 19(2), 1-16.
- Çakmak, U. & Tanrıverdi, A. (2021). Inovasyon sürecinde Türkiye'nin konumuna ilişkin bir değerlendirme [An evaluation of Turkey's position in the innovation process]. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 56(1), 470-494.
- Çeştepe, H., Arslan, E. & Yazıcı, M. (2020). Toplam faktör verimliliği, ekonomik büyüme ve ihracat ilişkisi: Gelişmekte olan ülkeler örneği [The relationship between total factor productivity, economic growth and exports: The example of developing countries]. *Yönetim ve Ekonomi*, 27(3), 495-510.
- Çetin, K. & Gedik, H. (2017). Inovasyon ve ihracat performansı ilişkisi: Karaman örneği [Innovation and export performance relationship: Karaman example]. *Uluslararası Ekonomik ve İdari Çalışmalar Dergisi*, (22. UPK Ahmet Hamdi İslamoğlu Özel Sayısı), 109-126.
- Çiğil, M. (2020). *Uluslararası ticaret teorileri* [International trade theories]. İçinde M. R. Görgün & S. Adıgüzel (Ed.), *Uluslararası İktisat*, ss. 103-124, Ankara, Türkiye: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Davis, G.B. (2000). Information systems conceptual foundations: Looking backward. *Organizational and Social Perspectives on Information Technology*, (41), 61-82.
- Deviren, N. V. (2003). *Yeni dış ticaret teorileri ve Türkiye-AB Ülkeleri arasındaki endüstri-içi ticaretin analizi* [New foreign trade theories and analysis of intra-industry trade between Türkiye and EU Countries]. (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Dipietro W. & Anoruo, E. (2006). Creativity, innovation and export performance. *Journal of Policy Modeling*, 28(2), 133-139.
- Dursun, Ö. O. (2017). İnovasyon üzerine kavramsal bir inceleme. *International Journal of Management and Administration*, 1(1), 12-17.
- Eaton, J. & Kortum, S. (1997). Technology and bilateral trade. NBER Working Paper Series, No. 2, https://www.nber.org/system/files/working_papers/w6253/w6253.pdf.
- Ersoy, E. R. (2022). Yüksek teknolojili sanayi üretimi ve ihracatın geliştirilmesinde eğitim reformlarının rolü [The role of reforms training in the development of high-tech industrial production and exports]. (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Fagerberg, J. (1988). International competitiveness. *The Economic Journal*, 98(392), 355-374.
- Fonchamnyo, D. C. & Wujung, V. A. (2016). Innovation and export performance: An empirical insight on the effect of innovation on manufacturing firms in Cameroon. *Applied Economics and Finance*, 3(4), 123-130.
- Fu, D., Wu, Y. & Tang, Y. (2012). Does innovation matter for Chinese high-tech exports? A firm-level analysis. *Frontiers of Economics in China*, 7(2), 218-245.
- Gan, S. & Cheng, D. (2019). Exchange rate appreciation, RD and export sophistication: Evidence from China. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 29(2), 237-246.
- Gökmen, Y. & Türen, U. (2013). The determinants of high technology exports volume: A panel data analysis of EU-15 countries. *International Journal of Management, Economics and Social Sciences*, 2(3), 217-232.
- Guan, J. & Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of chinese firms. *Technovation*, 23(9), 737-747.
- Hacker, R. S. & Hatemi-J, A. (2003). How productivity and domestic output are related to exports and foreign output in the case of Sweden. *Empirical Economics*, 28, 767-782.
- Han, C., Thomas, S. R., Yang, M., Ieromonachou, P. & Zhang, H. (2017). Evaluating R&D investment efficiency in China's high-tech industry. *The Journal of High Technology Management Research*, 28(1), 93-109.
- Hirsch, S. & Bijaoui, I. (1985). R&D intensity and export performance: A micro view. *Review of World Economics*, 121(2), 238-251.
- Karagöz, K. (2007). Bilgi iletişim teknolojilerindeki gelişmenin ihracata etkisi: Türkiye için ampirik bir analiz [The impact of development in information communication technologies on exports: An empirical analysis for Türkiye]. *Maliye Dergisi*, 153, 214-223.
- Karahan, Ö. (2015). Intensity of business enterprise R&D expenditure and high-tech specification in European manufacturing sector. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 806-813.
- Karakostas, E. (2022). What determines the medium and high technology products exports: The case of Germany" *International Journal of Advanced Economics*, 4(3), 40-52.
- Keesing, D. B. (1967). The impact of research and development on United States trade. *Journal of Political Economy*, 75(1), 38-48.
- Kervan, F.K. (2023). *Temel inovasyon göstergelerinin teknoloji düzeyine göre ihracat üzerindeki etkileri: Türkiye üzerine ekonometrik analizler* [Effects of basic innovation indicators on exports according to technology level: Econometric analyzes on Türkiye]. (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Kılıç, C., Bayar, Y. & Özekicioğlu, H. (2014). Araştırma geliştirme harcamalarının yüksek teknolojili ürün ihracatı üzerindeki etkisi: G-8 ülkeleri için bir panel veri analizi [The impact of research and development expenditures on high-tech product exports: A panel data analysis for G-8 countries]. *Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi*, 44, 115-130.
- Korkmaz, S., Ermeç, A. & Yücedağ N. (2009). İşletmelerin yenilikçi kabiliyetleri ve ihracat performanslarına etkileri [Innovative capabilities of businesses and their impact on export performance]. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), 83-104.
- Köseoğlu, D. & Tuncer, İ. (2022). Bilgi iletişim teknolojileri kullanımı, proaktif ihracat pazarı geliştirme yetenekleri ve ihracat performansı

- arasındaki ilişkinin incelenmesi [Examining the relationship between the use of information communication technologies, proactive export market development capabilities and export performance]. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 6(1), 32-52.
- Kumar N. & Siddharthan, N. S. (1994). Technology firm size and export behaviour in developing countries: The case of Indian enterprises. *Journal of Development Studies*, 31(2), 289-309.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P. & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, 54,159-178.
- Landesmann, M. & Pfaffermayr, M. (1997). Technological competition and trade performance. *Applied Economics*, 29(2),179-196.
- Laursen K. (1999). The impact of technological opportunity on the dynamics of trade performance. *Structural Change and Economic Dynamics*, 10(3), 341-357.
- Le, C. D. (1987). The role of R&D in high technology trade: An empirical analysis. *Atlantic Economic Journal*, 15(4), 32-77.
- Montobbio, F. & Rampa, F. (2005). The impact of technology and structural change on export performance in nine developing countries. *World Development*, 33(4), 527-547.
- Neves, A., Teixeira, A. A. & Silva, S. T. (2016). Exports-R&D investment complementarity and economic performance of firms located in Portugal. *Investigación Económica*, 75(295), 125-156.
- OECD (2023). *Main science and technology indicators, science, technology and R&D statistics*. <http://www.data.oecd.org/tr/tr/download/article-file/104836>.
- Özdemir, O. (2019). Türkiye’de toplam faktör verimliliği, ekonomik büyüme ve ihracat arasındaki ilişkinin nedensellik analizi [Causality analysis of the relationship between total factor productivity, economic growth and exports in Turkey]. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 647, 23-63.
- Özer, M. & Çiftçi, N. (2009). Ar-Ge harcamaları ve ihracat ilişkisi: OECD ülkeleri panel veri analizi [R&D expenditures and export relationship: Panel data analysis of OECD countries]. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(3), 39-50.
- Özgen, F. B. & Güloğlu, B. (2004). Türkiye’de iç borçların iktisadi etkilerinin VAR tekniğiyle analizi [Analysis of the economic effects of domestic debts in Turkey using the VAR technique]. *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 31, 93-114.
- Özkan, G. & Yılmaz, H. (2017). Ar-Ge harcamalarının yüksek teknoloji ürün ihracatı ve kişi başı gelir üzerindeki etkileri: 12 AB Ülkesi ve Türkiye için uygulama (1996-2015) [Effects of R&D expenditures on high-tech product exports and per capita income: Application for 12 EU Countries and Turkey (1996-2015)]. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 7(1), 1-12.
- Özsağır, A. & Çütçü, İ. (2015). Inovasyon-dış ticaret arasındaki nedensellik ilişkisi: Vektör hata düzeltme modeli ile Türkiye analizi [Causality relationship between innovation and foreign trade: Türkiye analysis with vector error correction model]. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, X(II), 119-132.
- Rasihah, R. (2003). Foreign ownership technology and electronics exports from Malaysia and Thailand. *Journal of Asian Economics*, 14(5), 785-811.
- Rath, B. N. & Akram, V. (2017). Export diversification and total factor productivity growth in case of Sout Asian Region. *Journal of Social and Economic Development*, 19(1), 196-210.
- Sakaryalı, A. M. D. (2014). Inovasyon ve risk sermayesi [Innovation and venture capital]. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 9(1), 183-210.
- Sambamurthy, V., Bharadwaj, A. S. & Grover, V. (2003). Shaping agility through digital options, reconceptualizing the role of information technology in contemporary firms. *Management Information Systems Quarterly*, 27(2), 237-263.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2023). *Türk Patent ve Marka Kurumu: Patent resmi istatistikler* [Türkiye Patent and Trademark Office: Patent official statistics]. <https://www.turkpatent.gov.tr/patent-istatistik>.
- Sandu, S. & Ciocanel, B. (2014). Impact of R&D and innovation on high-tech export. *Procedia Economics and Finance*, 15, 80-90.
- Sey, N. & Aydın, B. (2021). Türkiye’de yüksek teknoloji ürün ihracatı ve inovasyon ilişkisi üzerine ekonometrik bir inceleme [An econometric study on the relationship between high-tech product exports and innovation in Turkey]. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 11(1), 238-252.
- Seyidoğlu, H. (2020). *Uluslararası iktisat teori politika ve uygulama*, (22. bs). [International economic theory policy and practice]. İstanbul, Türkiye: Güzem Can Yayınları.
- Sims, C.A. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica*, 48(1), 1-48.
- Sungur, O., Aydın, H. İ. & Eren, M. V. (2016). Türkiye’de Ar-Ge, inovasyon, ihracat ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: Asimetrik Nedensellik Analizi [The relationship between R&D, innovation, exports and economic growth in Turkey: Asymmetric Causality Analysis]. *Süleyman Demirel Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21(1), 173-192.
- Şahbaz, A., Yanar, R. & Adıgüzel, U. (20104). Ar-ge Harcamaları ve ileri teknoloji mal ihracatı ilişkisi: Panel nedensellik analizi [The relationship between R&D Expenditures and high-tech goods exports: Panel causality analysis]. *Çukurova Üniversitesi SBE Dergisi*, 23(1), 47-60.
- Şahinli, M. ve Kılınc, E. (2013). Inovasyon ve inovasyon göstergeleri: AB Ülkeleri ve Türkiye karşılaştırması [Innovation and innovation indicators: Comparison of EU Countries and Türkiye]. *Selçuk Üniversitesi İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, (25), 329-355.
- Tekin, E. & Hancıoğlu, Y. (2018). Inovasyon belirleyicilerinin ihracat performansına etkisi üzerine bir araştırma [A research on the impact of innovation determinants on export performance]. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 14(4), 897-917.
- Topal, A. (2019). *Inovasyonun örgütsel performans üzerindeki etkisinde algılanan çevresel belirsizliğin düzenleyici rolü* [The moderating role of perceived environmental uncertainty in the impact of innovation on organizational performance]. (Yüksek Lisans Tezi). Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir.

- Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (2024). *Eurostat Teknoloji Sınıflamaları Listesi* [List of Eurostat Technology Classifications]. <https://tobb.org.tr/SanayiMudurlugu/Sayfalar/>.
- University of Groningen and University of California, Davis (2024). *Total Factor productivity level at current purchasing power parities for Turkey*, retrieved from FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis; <https://fred.stlouisfed.org/series/CTFPPPTRA669NRUG>.
- Usman, M. (2019). Relationship between R&D investment and high-tech exports: Empirical study from Pakistan. *Journal of Innovation and Sustainability*, 10(1), 110-123.
- Uzay, N., Demir, M. & Yıldırım, E. (2012). İhracat performansı açısından teknolojik yeniliğin önemi: Türkiye imalat sanayi örneği [The importance of technological innovation in terms of export performance: The example of Turkish manufacturing industry]. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 13(1), 147-160.
- Wagner, J. (2008). Exports and firm characteristics, first evidence from fractional probit panel estimates. *University of Lüneburg, Working Paper Series in Economics*, No. 97. https://www.leuphana.de/fileadmin/user_upload/Forschungseinrichtungen/ifvwl/WorkingPapers/lue/pdf/wp_97_Upload.pdf.
- Wakelin, K. (1998). Innovation and export behaviour at the firm level. *Research Policy*, 26(7-8), 829-841.
- World Bank (2023). *Data, indicators, high-technology exports (% of manufactured exports)*. <https://data.worldbank.org/indicator/TX.VAL.TECH.MF.ZS?locations=TR>.
- World Bank (2023). *Data, indicators, ICT goods exports (% of total goods exports)*. <https://data.worldbank.org/indicator/TX.VAL.ICTG.ZS.UN?locations=TR>.
- Yardımcı, P. (2006). İçsel büyüme modelleri ve Türkiye ekonomisinde içsel büyümenin dinamikleri [Endogenous growth models and dynamics of endogenous growth in the Turkish economy]. *Selçuk Üniversitesi İİBF Dergisi*, 10(9), 96-115.
- Yavuz, N. Ç. (2011). Durağanlığın belirlenmesinde KPSS ve ADF testleri: İMKB Ulusal-100 Endeksi ile bir uygulama [Determining stationarity in KPSS and ADF tests: An application with ISE National-100 Index]. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*, 54(1), 239-247.
- Yılcı, V. (2009). Yapısal kırılmalar altında Türkiye için işsizlik histerisinin sınanması [Analyzing the unemployment hysteresis for Turkey under structural breaks]. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 10(2), 324-335.
- Yıldırım, E. & Kesikoğlu, F. (2012). Ar-Ge harcamaları ile ihracat arasındaki nedensellik ilişkileri: Türkiye örneğinde panel nedensellik testi kanıtları [Causality relations between R&D expenditures and exports: Panel causality test evidence in the case of Türkiye]. *Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi*, 32(1), 165-180.
- Zhao, H. & Li, H. (1997). R&D and export, an empirical analysis of Chinese manufacturing firms. *The Journal of High Technology Management Research*, 8(1), 89-105.
- Zivot, E. & Andrews, D. W. K. (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

Yapraklı, S., Karaca Kervan, F. (2024). Basic innovation indicators affecting exports according to technology intensity: An Application based on time series analysis for Türkiye. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 41, 133-150. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.41.1548638>

Yüksek Teknolojili Ürün İhracatında Ar-Ge Harcamalarının Rolü: OECD Ülkeleri İçin Panel Nedensellik Analizi

The Role of R&D Expenditures on High Technology Product Exports: A Panel Causality Analysis for OECD Countries

Sema Yaşar¹ , Dilan Dayanan² 

¹(Doç. Dr.), Şırnak Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Şırnak, Türkiye

²(Öğr. Gör.) Bitlis Eren Üniversitesi, Tatvan Meslek Yüksekokulu, Bitlis, Türkiye

ÖZ

Yüksek teknoloji ürün ihracatı sağlamış olduğu yüksek katma değer dolayısıyla son yıllarda uluslararası ticaretin en önemli unsurlarından biri haline gelmiştir. Küreselleşen ekonomide önemi artan ve rekabet gücü açısından da etkili olan yüksek teknoloji ürün ihracatı için araştırma geliştirme harcamalarının etkisi yadsınamaz. Bu çalışmada, seçilen 22 OECD ülkesi için 1996-2021 dönemini içeren panel veri seti kullanılarak yüksek teknoloji ihracatı (HTECH), araştırma ve geliştirme harcamaları (RD), ticari açıklık (TRADE) ve gayri safi sabit sermaye yatırımları (GFCF) arasındaki ilişki incelenmektedir. Çalışmada, OECD ülkelerinde yüksek teknoloji ürün ihracatı ile Ar-Ge harcamaları arasındaki nedenselliği test etmek için Juodis, Karavias ve Sarafidis'in (2021) Granger nedensellik testinin Xiao vd. (2023) tarafından geliştirilen yeni versiyonu uygulanmıştır. Yapılan analizler neticesinde yüksek teknoloji ürün ihracatı ile araştırma geliştirme harcamaları arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca yüksek teknoloji ürün ihracatı ile modele kontrol değişken olarak eklenen gayri safi sabit sermaye yatırımları ve ticari açıklık ile arasında da çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Yapılan analizlerin neticesinde politika yapıcıların araştırma ve geliştirme faaliyetlerine yönelik yatırımları artırmaları, milli gelirden bu faaliyetlere yönelik daha fazla kaynak aktarmaları ve vergi indirimleri, düşük faizli kredi imkanları, nitelikli işgücü temini için eğitim düzenlemeleri, teknolojik gelişmeler için fiziki altyapı temini gibi teşvik edici politikaları uygulamaları gerektiği sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT

High-technology exports have become one of the most important components of international trade in recent years due to their high added value. In the context of the globalising economy, there is no doubt about the impact of research and development spending on high-tech exports, which are also advantageous in terms of competitiveness. This study examines the nexus between high-tech exports (HTECH), research and development expenditures (RD), trade openness (TRADE), and gross fixed capital formation (GFCF) for selected 22 OECD countries within a model using a panel dataset over the period 1996–2021. In this study, the new version of the Granger causality test by Juodis, Karavias and Sarafidis (2021) developed by Xiao et al. (2023) was used to test the causality between high-technology product exports and R&D expenditures in OECD countries. The empirical findings show a bidirectional causal link between high-technology exports and R&D expenditure. Additionally, a bidirectional causality relationship was found between high-tech product exports and the gross fixed capital investments and trade openness added to the model as control variables. As a result of the analysis, it is concluded that policymakers should increase investments in R&D activities, allocate more resources from the national income to these activities, and implement incentive policies such as tax reductions, low-interest loan opportunities, educational arrangements for the supply of qualified labour, and the provision of physical infrastructure for technological developments.

Anahtar Kelimeler: Ar-Ge harcamaları, Yüksek teknoloji ürün ihracatı, Panel Nedensellik Analizi

Keywords: R&D expenditures, High-technology exports, Panel Causality Analysis

EXTENDED SUMMARY

Technological innovations, which are among the most important factors that form the basis of competition between countries, can affect the level of competition in foreign trade and lead to an increase in welfare. As a result, high-technology exports are

Corresponding Author: Sema Yaşar **E-mail:** semayasar@sirnak.edu.tr

Submitted: 20.09.2024 • **Revision Requested:** 28.10.2024 • **Last Revision Received:** 04.11.2024 • **Accepted:** 15.11.2024



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

critical for establishing competitiveness in foreign trade. Especially when the added value it provides is taken into consideration, high-technology exports take its place among the priorities of countries. The main factor that is indispensable for technological innovations is research and development activities. The answer to the question of how investments made in R&D activities affect high-technology product exports is important. For this reason, the aim of the study is to determine the role of R&D expenditures in high-technology exports, to determine whether there is a causal relationship between them, and if so, to determine the direction of this relationship. Determining the causal relationship and the direction of this relationship is extremely important in the economic policies to be implemented.

The study used econometric analysis to investigate the link between high-technology exports and R&D spending. This study explores the relationship between high-tech exports (HTECH), research and development expenditures (RD), trade openness (TRADE), and gross fixed capital formation (GFCF) in a panel dataset of 22 OECD countries from 1996 to 2021. Following the cross-section dependency test and unit root test, a homogeneity test was used to evaluate whether the slope coefficients were homogenous or heterogeneous. Then, the panel causality analysis technique is used to analyse the causation between high-tech exports and R&D spending.

According to the Cross-Section Dependency test results, it was determined that there was a cross-sectional dependency between the series in the panel. Therefore, a second generation test, the Cross-Sectional Augmented Dickey-Fuller (CADF) unit root test, which takes into account the existence of cross-sectional dependency in the analysis, was applied. According to the unit root test result, all variables show non-stationary properties at the level but become stationary at the first difference. Determining whether the slope coefficients are homogenous or heterogeneous is critical in deciding which panel unit root and panel causality analysis methods to use. According to the results of the homogeneity test of the model, it was concluded that the slope coefficients are not homogeneous but heterogeneous. In other words, according to the results obtained, the slope parameters vary between the horizontal sections. Finally, according to the new version of the Granger causality test by Juodis, Karavias, and Sarafidis (2021) developed by Xiao et al. (2023), which was conducted to determine the causality relationship between high-technology exports and R&D expenditures, a bidirectional causality relationship was found between high-technology exports (HTECH) and R&D expenditures (RD). A bidirectional causality relationship was found between high-tech product exports and the gross fixed capital investments (GFCF) and trade openness (TRADE) added to the model as control variables.

According to the results of this study, in which the effect of R&D expenditures on high-technology exports is examined and the causality relationship between them is determined, policy makers need to increase investments in R&D expenditures in order for countries to gain competitive advantage in foreign trade, maintain their advantages and increase their welfare levels. For this purpose, more resources should be allocated from the national income to R&D expenditures. In addition, incentive policies can be implemented by providing tax deductions for R&D investments and offering low-interest credit opportunities, as well as making educational arrangements to provide the qualified workforce required for R&D activities, physical infrastructure investments to provide the necessary technological infrastructure, and increasing the share of the private sector in R&D activities by ensuring public and private sector cooperation are also extremely important.

Giriş

Ülkeler arasındaki rekabet ve refah düzeyi farklılıklarının temelini oluşturan en önemli faktörlerden birisi teknolojik yeniliklerdir. Özellikle ekonomideki serbestleşme eğilimleriyle birlikte artan rekabetçilik nedeniyle kalite ve maliyet avantajı sunması teknolojik yeniliklerin önemini artırmıştır. Küresel rekabetin teknoloji odaklı olduğu günümüzde özellikle ihracata konu olan ürünleri yüksek teknolojileri içerecek biçimde yeniden şekillendirerek kalitesini iyileştirmek dış ticarete rekabet düzeyini artırarak refah artışına yol açmaktadır (Yaşar ve Taşar, 2019: 190). Bu ise dış ticarete üstünlük elde edebilmek için yüksek teknoloji ürün ihracatının önemini artırmaktadır.

Yüksek teknoloji ürün ihracatının geliştirilmesi özellikle imalat sanayideki katma değeri artırarak sürdürülebilir büyümenin vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir. Sanayileşme ile doğru orantılı olan katma değer artışı neticesinde gelişmiş teknolojilere sahip ülkeler genellikle yüksek katma değer üretirken, geleneksel teknolojilere sahip ülkeler düşük, ara teknolojilere sahip olan ülkeler ise ortalama katma değer üretmektedir (Leinfellner ve Eberlein, 1997:12). Daha fazla katma değer oluşturması ve dolayısıyla ülkeler arasındaki pazar gücünü de olumlu yönde etkilemesi nedeniyle yüksek teknoloji ürün ihracatını artırmaya yönelik politikalara öncelik verilmektedir (Tebaldi, 2011: 344).

Son yarım yüzyılda yüksek teknoloji ürün ihracatının toplam ihracat içerisindeki oranının önemi bir kat daha artmış ve yüksek teknoloji ihracatı uluslararası ticaretin en hızlı büyüyen parçası haline gelmiştir. Gerek ulusal gerekse küresel ölçekte ekonomilerin sürdürülebilirliğini sağlayabilmeleri açısından önemli olan teknolojik ilerlemeyi sağlayarak yüksek teknoloji sanayinin geliştirilmesi diğer endüstrilerin üretkenliğine de önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (Bayar vd., 2020:144). Yüksek teknoloji ürünlerin üretiminde yer alan endüstrilerin dünyadaki en hızlı büyüyen endüstriler olduğu ve bu endüstrilerin diğer tamamlayıcı endüstrilerdeki üretkenliği artırmada yardımcı olduğu gerçeği artan rekabet ortamının da etkisiyle yüksek teknoloji ürün üretimini artırmaya teşvik etmektedir (Gaur vd. 2020: 1).

Ülkeler arasındaki teknolojik fark küresel üretim ve ticarete ülkelerin hangi alanda uzmanlaşacağını da belirlemekte ve ülkelerin teknolojik kabiliyeti dış ticaret bileşimleri üzerinde de etkili olmaktadır. Teknolojik farklılaşmalar dış ticaret rekabeti ve uzmanlaşma açısından farklı teorilerin de konusu olmuştur.

Klasik liberal iktisadın en önemli temsilcilerinden Adam Smith, imalat sanayinde verimliliğin sermaye birikimi ve uzmanlaşmış işgücünün yanı sıra teknolojik ilerleme ile gerçekleşeceğini ileri sürmekte (Freeman ve Soete, 2003: 39), David Ricardo da teknolojinin sanayi sektöründe artan verimliliği sağlayarak teknolojik yenilik ile uluslararası ticaretin ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkileyeceğini kabul etmektedir (Yaşar ve Taşar, 2019: 51). Teknolojiyi dışsal kabul eden klasik ekol teknolojik gelişmelerin emek ve sermaye üzerinde bir tasarrufa yol açarak ulusal farklılıkların uzmanlaşmada ve uluslararası ticarete üstünlük sağlayacağını ifade etmektedir. Bunun en önemli örneği de Ricardo tarafından geliştirilen mukayeseli üstünlük teorisidir (Uzay vd., 2012: 150). Mukayeseli üstünlük teorisine göre ülkeler arası karlı dış ticaret yapılabilmesi yurtiçi üretim maliyetlerindeki farklılıklara dayandırılmaktadır. Mukayeseli üstünlüğün sağlanabilmesi ise özellikle emeğin verimli kullanılmasına bu ise üretimde ülkelerarası teknolojik farklılıklara bağlıdır (Utkulu, 2005: 9). Emek değer teorisine dayanan mukayeseli üstünlük teorisinden sonra üretimde sermaye başta olmak üzere diğer üretim faktörlerinin de etkili olduğunu ileri süren Heckscher-Ohlin teorisi de teknolojinin dış ticarete rekabet üstünlüğü açısından etkisini ifade etmesi bakımından önemlidir.

Bir ülkenin zaman içerisinde karşılaştırmalı üstünlüğünü değiştirmede araştırma geliştirme (Ar-Ge) yatırımları başta olmak üzere bilgi artırıcı faaliyetlere yapılan yatırımlara önemli bir rol veren geleneksel dış ticaret teorilerinden biri Hecksher-Ohlin teorisidir. İhracat performansını endüstrilerin faktör yoğunluğu ekonomilerin ise faktör donatımına bağlayan Hecksher-Ohlin teorisine göre bilgi sermayesi vasıflı işgücü açısından yüksek teknolojili ürünlerin üretiminde girdi olarak görülebilmektedir. Rybczynski teoremine göre de bir üretim faktörünün donanımının artması, bu faktörü yoğun kullanan mal arzının artmasına sebep olacaktır. Bir başka ifadeyle belirli bir üretim faktöründe zaman içerisinde meydana gelen artış ile o üretim faktörünü yoğun olarak kullanan mallar arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır. Bu ilişki ilgili ürünlere yönelik ihracatın artması ithalatın ise azalmasına neden olmaktadır (Braunerhjelm ve Thulin, 2008: 97). Bu durumun ise dış ticaret açıklarının kapanmasına, rekabet edebilirlik düzeyinin artmasına ve ekonomide sürdürülebilirliğin sağlanmasına yol açacağı beklenmektedir.

Teknolojinin homojen olduğunu varsayan Hecksher-Ohlin teorisinin aksine Posner'in (1961) ileri sürdüğü teknolojik boşluk hipotezi ile Vernon'un (1966) geliştirmiş olduğu ürün döngüsü teoremi teknolojideki farklılaşmanın öncüleri olmuştur. Ayrıca Krugman (1979) ve Grossman ve Helpman (1991) ülkeler arasındaki teknolojik farklılıkları uluslararası ticaretin önemli bir farkı olarak görmektedirler (Bayraktutan ve Bırdırdı, 2018: 3). Teknolojik gelişmeler ülkelerin uzmanlaşma modellerini değiştirmekte, ticaret maliyetlerini düşürerek daha büyük ticaret hacimlerini teşvik etmektedir (Helpman, 1999: 142). Bu ise teknoloji üreten ve ihraç eden ülkelerin daha yüksek refah seviyesine sahip oldukları anlamına gelmektedir.

Teknoloji seviyesi ne kadar yükselirse hem bireysel hem de ulusal açıdan kazanılan refah da o kadar artmaktadır. Bu argüman Kuzey-Güney modeli gibi uluslararası ticaret teorileri tarafından da desteklenmektedir (Bayraktutan, 2018). Kuzey-Güney modelinde ifade edilen Kuzey ekonomileri yenilikçi yapıya sahip, teknolojik yenilikleri hayata geçiren gelişmiş ekonomiler iken Güney ekonomileri ise yeni teknolojilerin üretilmesine yönelik herhangi bir faaliyetin olmadığı, Kuzeyin geliştirdiği teknolojileri adapte eden gelişmekte olan ülkeleri temsil etmektedir (Özer ve Çiftçi, 2009: 227). Grossman ve Helpman (1989) tarafından geliştirilen ürünlerin yaşam döngüsü modelinde de ürünlerin ilk olarak teknolojik gelişmeyi sağlamış Kuzey ülkeleri tarafından üretildiği daha sonra da Güney ülkeleri tarafından Kuzey ülkeleri ile benzer refah düzeyine ulaşabilmek amacıyla taklit edilmek suretiyle alındığı varsayılmaktadır (Türker, 2009: 91).

Uluslararası arenada rekabet üstünlüğü elde edebilmek için önemli bir faktör olan yüksek teknolojili ürün üretimini artırmanın en önemli yolu ise araştırma geliştirme harcamalarını artırmaktan geçmektedir (Sandu ve Cioaceni, 2014: 80; Lall, 2000; Xing, 2012). Dolayısıyla daha fazla katma değer oluşturmak, refah düzeyini artırmak amacıyla gerçekleştirilmesi arzulan yüksek teknolojili ürün ihracatı araştırma geliştirme faaliyetlerine yönelik yatırımların teşvik edilmesini de beraberinde getirmektedir.

Küresel rekabetin etkin olması dolayısıyla ürün yelpazesini genişleterek uluslararası alanda rekabet üstünlüğü sağlaması, dış ticarete özellikle ihracata konu olan malların kalitesindeki artışla beraber de refah seviyesini artırması yüksek teknolojinin önemini daha da artırmaktadır. Ar-ge harcamalarının yüksek teknolojilerin geliştirilmesinin potansiyelini oluşturması dolayısıyla bu çalışmada yüksek teknoloji yoğunluklu ürün ihracatı ile araştırma geliştirme harcamaları arasındaki ilişki incelenmiştir. Literatürdeki çalışmalara kıyasla gayri safi sabit sermaye yatırımları ve ticari açıklık değişkenleri modele kontrol değişkeni olarak eklenmiş yüksek teknoloji yoğunluklu ihracat üzerindeki etkisi incelenmiştir. Güncel verilerin ve farklı kontrol değişkenlerinin kullanılmasının yanı sıra geliştirilmiş güçlü performans sunan güncel analiz yöntemlerinin kullanılması çalışmanın sonuçlarının güvenilirliğini artırarak literatüre katkısını ortaya koymaktadır.

Literatür Taraması

Yüksek teknolojili ürün ihracatı ile araştırma geliştirme harcamaları arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmaların büyük çoğunluğunda değişkenler arasında pozitif yönlü ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Le (1987), G7-ülkelerinin 1975, 1979, 1980 ve 1983

yıllarındaki araştırma geliştirme harcamaları ve yüksek teknoloji ürün ihracatı arasındaki ilişkiyi incelemiş olduğu çalışmasında araştırma geliştirme harcamaları yükseldikçe yüksek teknoloji ürün ihracatının da arttığını belirtmiştir. Braunerhjelm ve Thulin (2008), 19 OECD ülkesi için 1881-1999 dönemi verileriyle yapmış oldukları çalışmanın neticesinde araştırma geliştirme harcamalarındaki artışın yüksek teknoloji ürün ihracatını artırdığı sonucuna ulaşılmışlardır. Elde ettikleri sonuca göre araştırma geliştirme harcamalarında %1'lik bir artış yüksek teknoloji ürün ihracatında %3'lük bir artışa yol açmaktadır. Benzer şekilde Göçer (2013) tarafından 11 Asya ülkesi için yapılan çalışmanın neticesinde de araştırma geliştirme harcamalarındaki %1 seviyesindeki artışın yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerinde %6,5 düzeyinde bir artışa yol açtığı tespit edilmiştir.

Falk (2009), 22 OECD ülkesi için 1980-2004 dönemi, Altay Topçu (2018) 24 OECD ülkesi için 1996-2015 dönemi, Ackrill ve Çetin (2019) 1996-2014 dönemi Brezilya, Meksika, Malezya, Çin, Güney Afrika, Hindistan, Tayland ve son olarak Türkiye'den oluşan yeni sanayileşmiş sekiz ülke için yaptıkları çalışma neticesinde yüksek teknoloji ürün ihracatı ile Ar-Ge harcamaları arasında anlamlı ve pozitif bir ilişkiye ulaşılmıştır. Gaur vd. (2020), gelişmiş ve gelişmekte olan toplam 15 ülke için 2007-2018 dönemi verileri ile yaptıkları çalışmada yüksek teknoloji ürün ihracatının ülkelerin araştırma geliştirme harcamalarının sonucunda gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Yaman vd. (2020), 35 OECD ülkesi için 1998-2017 dönemini, Karagöz ve Şener (2023) de 35 OECD ülkesi için 2008-2017 dönemini inceledikleri çalışmalarında Ar-Ge harcamalarının yüksek teknoloji ihracatı üzerinde pozitif yönlü etkiler meydana getirdiğini bulmuşlardır. Akar ve Topoğlu (2022) ise G7 ve Türkiye ekonomisi için 2007-2019 dönemini ele aldıkları çalışmalarında yaptıkları analizler neticesinde Ar-Ge harcamalarındaki artışın yüksek teknoloji ürün ihracatını artırdığı sonucunu elde etmişlerdir. Lee ve Kwon (2023), ABD imalat firmaları için yaptıkları çalışmada elde ettikleri bulgular Ar-Ge harcamalarının yüksek teknoloji firmalarında ihracatı pozitif yönde etkilediğine yöneliktir. Rauf vd. (2023), 1998-2016 dönemi Çin'in imalat sanayisi için yaptıkları çalışmada Ar-Ge için yapılan yatırım ve harcamaların teknoloji yoğun ihracat için kritik belirleyici olduğunu tespit etmişlerdir.

Sandu ve Ciocanel (2014) çalışmalarında özel sektörün Ar-Ge harcaması ile kamu sektörünün Ar-Ge harcamasının yüksek teknoloji ürünlerin ihracatındaki etkisini incelemişlerdir. 26 AB ülkesinin 2006-2010 dönemi için yapmış oldukları analizler neticesinde özel sektörün araştırma geliştirme harcamalarının ileri teknoloji ürünlerin ihracatındaki etkisinin kamu sektörünün araştırma geliştirme harcamalarının etkisinden yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kılıç vd. (2014), G-8 ülkelerini inceledikleri çalışmalarında yüksek teknoloji yoğunluklu ürün ihracatı ile Ar-Ge harcamaları arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi tespit etmişlerdir. Yani ilgili çalışmanın sonucuna göre araştırma geliştirme harcamalarındaki artış yüksek teknoloji yoğunluklu ürün ihracatını artırırken yüksek teknoloji ürün ihracatındaki artış da araştırma geliştirme harcamalarına yapılan yatırımların artmasına neden olmaktadır. Özçelik (2022), yeni sanayileşen 13 ülke için 1996-2020 dönemini inceledikleri çalışmada Ar-Ge harcamalarındaki artışın yüksek teknoloji ihracatını artırdığını, ele alınan ülkelere Çin, Endonezya, Türkiye, Singapur için karşılıklı, Hindistan, Malezya ve Güney Kore'de Ar-Ge harcamalarından yüksek teknoloji ihracatına, Brezilya ve Hong Kong'da ise yüksek teknoloji ihracatından Ar-Ge harcamalarına doğru olmak üzere tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit etmiştir.

Yüksek teknoloji ürün ihracatı ile araştırma geliştirme harcamaları arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını bulan çalışmaların yanı sıra kısa dönemde araştırma geliştirme harcamalarının yüksek teknoloji ürünlerin ihracatında herhangi bir etkisinin olmadığını bulan çalışmalar da mevcuttur. Bayar, Remeikienė ve Gasparėnienė (2020) çalışmalarında 2000-2016 döneminde AB geçiş ekonomileri için yaptıkları nedensellik analizi neticesinde araştırma geliştirme harcamalarının kısa dönemde yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ancak uzun dönemde yüksek teknoloji ürün ihracatını arttırmada etkili bir faktör olduğu bulgusuna ulaşmışlardır.

Yöntem

Yüksek teknoloji ürün ihracatı ve Ar-Ge harcamaları arasındaki nedensellik ilişkisinin incelendiği bu çalışmada yüksek teknoloji ürün ihracatı (HTECH) bağımlı değişken, Ar-Ge harcamaları (RD) ise bağımsız değişken olarak değerlendirilmiştir. Kontrol değişkeni olarak ise gayri safi sabit sermaye yatırımları (GFCF) ve ticari açıklık (TRADE) değişkenleri modele eklenmiştir.

Tablo 1. Değişkenlerin Tanımları ve Kaynakları

Değişkenler	Açıklama	Ölçüm	Kaynak
HTECH	Yüksek teknoloji ürün ihracatı	Yüksek ve orta teknoloji yoğunluklu imalat ihracatının toplam imalat ihracatına oranı, %	
RD	Ar-Ge harcamaları	Ar-Ge harcamalarının GSYH'ye oranı, %	World Bank- World Development Indicators
GFCF	Gayri safi sabit sermaye yatırımları	Gayri safi sabit sermaye yatırımlarının GSYH'ye oranı, %	
TRADE	Ticari açıklık	Dış ticaretin GSYH'ye oranı, %	

Çalışmada yüksek teknoloji ürün ihracatı ile Ar-Ge harcamaları arasındaki nedensellik ilişkisi Türkiye, Almanya, İngiltere, ABD, Japonya, Fransa, Kanada, Güney Kore, Belçika, Hollanda, Avusturya, Danimarka, Macaristan, Çekya, İspanya, Litvanya,

Estonya, Letonya, Polonya, Meksika, Portekiz ve Slovakya'dan oluşan 22 OECD ülkesi için 1996-2021 dönemi yıllık verileri kullanılarak panel analiz yöntemleri ile incelenmiştir. Bağımlı değişken olarak yer alan yüksek teknolojili ürün ihracatına (HTECH) karşılık olarak yüksek ve orta teknolojili imalat ihracatının toplam imalat ihracatına oranı, bağımsız değişken olarak yer alan Ar-Ge harcamaları (RD) için de araştırma geliştirme harcamalarının GSYH'ye oranı alınmıştır. Kontrol değişkenlerden gayri safi sabit sermaye yatırımları (GFCF) için bu yatırımların GSYH'ye oranı, ticari açıklık (TRADE) değişkeni için de dış ticaretin GSYH'ye oranı analize dahil edilmiştir. Değişkenlere ait veriler World Bank tarafından yayınlanan World Development Indicators veri tabanından temin edilmiştir.

Söz konusu ilişkinin incelenmesi amacıyla oluşturulan model aşağıdaki gibidir:

$$HTECH = \beta_0 + \beta_1 RD_{it} + \beta_2 GFCF_{it} + \beta_3 TRADE_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Metodoloji

Paneli oluşturan değişkenlere ait yatay kesit bağımlılığının tespiti ekonometrik tahminlerde yapılması gereken öncelikli işlemlerden birini oluşturmaktadır. Özellikle uygulanacak birim kök analizi yönteminin belirlenmesi değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı içerip içermediğine bağlıdır. Bu amaçla öncelikle değişkenlere ve ardından modele yönelik yatay kesit bağımlılığı testi yapılmıştır.

Pesaran (2004) tarafından incelenen ülkelerden birinde gerçekleşen ekonomik şokun diğer ülkeler üzerindeki etkisini ölçmek amacıyla Cross-Section Dependence (CD) testi geliştirilmiştir. Ancak Juodis ve Reese (2021) tarafından yapılan son çalışmalarda CD testi yarı güçlü veya güçlü gizli faktörlere sahip panellerden gelen kalıntılara uygulanmasının aşırı reddedilmeye yol açabileceğinin ve sıfır hipotezinin yanlış reddedildiğinin belirlenmesi üzerine CDw testi türetilmiştir. İlgili sorunu hafifletmeye yardımcı olan CDw testindeki potansiyel güç eksikliğini gidermek için Juodis ve Reese (2021), Fan vd. (2015) tarafından önerilen bir tarama bileşenini dahil ederek CDw test istatistiğini değiştirerek CDw+ test istatistiğini geliştirmişlerdir. Güçlendirilmiş CD testi olarak da ifade edilen CDw+ testi zaman boyutu arttığında model artıklarında ortaya çıkan sorunlara ve tesadüfi parametrelerin etkilerine odaklanmaktadır.

Eğim katsayılarının homojen ya da heterojen olduğunun belirlenmesi uygulanacak olan panel birim kök ve panel nedensellik analizi yöntemlerinin belirlenmesi açısından önemlidir. Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen Swamy (1970) testi uygulanarak eğim katsayılarının kesitler arasında homojen olup olmadığı belirlenmektedir. Ayrıca Pesaran ve Yamagata (2008) ve Blomquist ve Westerlund (2013), Δ testi için hem heteroskedastisiteyi hem de otokorelasyonu dikkate alan Δ HAC testini geliştirmişlerdir. Eğim katsayıları homojenlik testinin hipotezleri aşağıdaki gibidir:

H_0 : Eğim katsayıları homojendir

H_1 : Eğim katsayıları heterojendir

Yatay kesit bağımlılığı ve homojenlik test sonuçları doğru tahminler yapabilmek ve etkili politika önerileri sunabilmek adına birinci nesil ya da ikinci nesil panel birim kök testlerinden hangisinin kullanılması gerektiğini göstermesi açısından önemlidir. Yatay kesit bağımlılığın olması durumunda panel birim kök testlerinden ikinci nesil testler uygulanmaktadır. Pesaran'ın (2006) geliştirmiş olduğu CADF (Cross-sectionally Augmented Dickey Fuller) testi bu testlerden biridir. $T > N$ koşuluna da uygun olan test istatistiği denklem 2'de görüldüğü gibidir:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + b_i y_{i,t-1} + c_i \bar{y}_{i,t-1} + d_i \Delta \bar{y}_{i,t} + e_{it} \quad (2)$$

Denklemdaki $\Delta y_{it} = y_{it} - y_{i,t-1}$ ifadesi;

$$\bar{y}_t = N^{-1} \sum_{i=1}^N y_{it} \quad (3)$$

$$\Delta y_i = N^{-1} \sum_{i=1}^N \Delta y_{it} \text{ dir.} \quad (4)$$

CADF birim kök testi hipotezlerinden bütün i 'ler için $H_0 : \beta_i = 0$ durağan değildir anlamına gelirken $i=1, 2, \dots, N, i=N_1 + 1, N_1 + 2, \dots, N$ için $H_1 : \beta_i < 0$, ise durağandır anlamına gelmektedir (Pesaran, 2007: 268):

Panelde ülkelerin her birinin bir yatay kesite karşılık gelmeleri dolayısıyla her bir ülkenin birim köklerinin ortalamalarının alınmasıyla elde edilen CIPS (Cross-Sectionally Augmented IPS) birim kök istatistiği ise denklem 5'te yer almaktadır (Pesaran, 2007: 267):

$$CIPS = N^{-1} \sum_{i=1}^N CADF_i \quad (5)$$

Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini analiz etmek için Juodis, Karavias ve Sarafidis'in (2021) Granger nedensellik testinin Xiao vd. (2023) tarafından geliştirilen yeni versiyonu kullanılmıştır. Bu panel testi, modelde homojen ya da heterojen katsayılar varlığında Granger nedenselliğinin bulunmadığı H_0 hipotezini sınamaktadır. Yaklaşımın yeniliği, H_0 hipotezinde Granger nedensellik parametrelerinin sıfır ve homojen olması gerektiği fikrine dayanmakta olup, yalnızca bu parametreler için ortak bir tahmin edici kullanılmasını öngörmektedir. Bu tahmin edici, \sqrt{NT} yakınsama oranına ulaşılmasını sağlamaktadır; burada N, paneldeki kesit birim sayısını, T ise zaman serisi gözlemlerinin sayısını ifade etmektedir. Testin uygulanmasında, "Nickell Yanlılığı" etkisini hesaba katmak amacıyla Dhaene ve Jochmans'ın (2015) Half Panel Jackknife (HPJ) yöntemi tercih edilmiştir. Bu yaklaşımla, özellikle orta uzunluktaki zaman boyutunun, heterojen parametreler ve yüksek kalıcılık gibi koşullar altında etkin sonuçlar elde edilmiştir (Juodis vd., 2021). Testin sağladığı \sqrt{NT} yakınsama oranına sahip havuzlanmış tahmin edicileri sayesinde mevcut testlere göre daha iyi boyut ve güç performansı elde edilmekte olup, ayrıca çok değişkenli sistemlerde kullanılabilir olması ve hem homojen hem de heterojen alternatifler karşısında etkili olması dolayısıyla iki önemli avantaja sahiptir (Xiao vd., 2023: 231).

Bayesian bilgi kriteri (BIC) kullanarak hem manuel hem de otomatik gecikme uzunluğu seçimi için seçenekler sunan, hatalardaki kesitsel bağımlılığa ve kesitsel heteroskedastisiteye izin veren ve tek veya birden fazla ilgili değişkene sahip denklemlerde Granger nedenselliğini analiz eden bu testin denklemi aşağıdaki gibidir (Xiao vd., 2023: 232).

$$y_{i,t} = \varphi_{0,i} + \sum_{p=1}^P \varphi_{p,i} y_{i,t-p} + \sum_{p=1}^P \beta_{p,i} x_{i,t-p} + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

$$i = 1, \dots, N \text{ ve } t = 1, \dots, T.$$

Xiao vd. (2023) tarafından güncellenen, Juodis, Karavias ve Sarafidis (2021) nedensellik testinin hipotezleri aşağıdaki gibidir:

H_0 : $\beta_{q,i} = 0$ tüm i ve q için Granger nedeni değildir.

H_1 : $\beta_1 \neq 0$ bazı i ve q için Granger nedenidir.

Bulgular ve Tartışma

Yüksek teknoloji ürün ihracatında Ar-Ge harcamalarının etkisinin belirlenmesi amacıyla ilk olarak yatay kesit bağımlılığı testi ve sonrasında ise değişkenlerin hangi seviyede durağan olduklarını belirlemek için birim kök testi yapılmıştır. Eğim katsayılarının homojenliğinin belirlenebilmesi için homojenlik testi yapılmış ve sonrasında değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin tespiti amacıyla da nedensellik testi uygulanmıştır. Tablo2'de ve Tablo3'te sırasıyla değişkenlere ve modele yönelik yapılan yatay kesit bağımlılığı testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 2. Değişkenler İçin Yatay Kesit Bağımlılığı Testi Sonuçları

	HTECH	RD	GFCF	TRADE
CDw+	576.04	760.27	463.06	908.62
Prob. Değeri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sonuç	Ret	Ret	Ret	Ret

Sonuçlar incelendiğinde tüm değişkenler için prob değerinin 0.0000 olması dolayısıyla yatay kesit bağımlılığı olmadığını ileri süren H_0 hipotezi reddedilmiş ve yatay kesit bağımlılığı olduğu sonucu elde edilmiştir.

Tablo 3. Model İçin Yatay Kesit Bağımlılığı Testi Sonuçları

	Test İstatistiği	Probability	Sonuç
CDw+	601.83	0.0000	Ret

Değişkenlerde yatay kesit bağımlılığının olduğuna yönelik bulguların elde edilmesinin yanı sıra model için yapılan analiz neticesinde prob değerinin 0.0000 elde edilmesi ile H_0 hipotezi reddedilerek modelde de yatay kesit bağımlılığı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4. Eğim Homojenliği Testi Sonuçları

Delta Test	Test İstatistiği	Probability
Δ_Tilde	19.830	0.0000
Δ_Tilde_adj	22.065	0.0000
HAC* Test	Test İstatistiği	Probability
Δ_Tilde (HAC)	22.632	0.0000
Δ_Tilde (HAC) _{adj}	25.132	0.0000

*HAC test istatistiğini hesaplamada Bartlett-Kernel fonksiyonu kullanılmıştır.

Modele ait homojenlik standart Delta testi ve HAC testi kullanılarak test edilmiştir. Delta testi sonuçlarına göre H_0 hipotezinin reddedildiği, eğim katsayılarının homojen değil heterojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Blomquist ve Westerlund (2013) tarafından önerilen HAC testi sonuçları da H_0 hipotezinin reddedildiğini, eğim katsayılarının heterojen olduğunu ifade etmektedir. Birbirini destekler nitelikte sonuçlar sunan her iki teste göre de eğim parametreleri yatay kesitler arasında değişkenlik göstermektedir.

Modelde ve değişkenlerde yatay kesit bağımlılığının varlığının ve modele ait eğim katsayılarının heterojen olduğunun tespit edilmesinin neticesinde ikinci nesil birim kök testlerinden olan CADF (Cross- Sectionally Augmented Dickey Fuller) testi uygulanmıştır.

Tablo 5. CADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	Seviye			1.Fark			
	Gecikme	Sabit(0)/Trend(1)	CIPS istatistiği	Gecikme	Sabit(0)/Trend(1)	CIPS istatistiği	
HTECH	1	1	-2.067	1	1	-4.777***	
RD	1	0	-1.635	1	0	-3.989***	
GFCF	1	0	-2.028	1	0	-4.085***	
TRADE	1	0	-1.642	1	0	-3.752***	
Bireysel yatay kesitli genişletilmiş Dickey-Fuller dağılımının ortalamalarının kritik değerleri:							
Sabit (0)	%1	%5	%10	Trend (1)	%1	%5	%10
N:22 T:26	-2.3	-2.15	-2.07	N:22 T:26	-2.81	-2.66	-2.58

Gecikme uzunlukları max 1 olarak belirlenmiştir. ***, %1'de anlamlılığı ifade etmektedir

Birim kök testi sonucunda elde edilen bulgular değişkenlerin tamamı için seviyede H_0 hipotezinin reddedildiğini ve değişkenlerin seviyede birim köke sahip olduğunu ancak değişkenlerin birinci farkının alınmasıyla değişkenlerin %1 önem düzeyinde durağan hale geldiğini göstermektedir.

Tablo 6. Panel Nedensellik Testi Sonuçları

Çok Değişkenli Nedensellik Testi				
H_0 : Seçilen değişkenler htech değişkeninin Granger nedeni değildir.	Lags	HPJ Wald Test	p-value	Karar
RD, GFCF, TRADE → HTECH	3	171.3953	0.0000***	H_0 reddedilir
Tek Değişkenli Nedensellik Testi				
H_0 : x, y'nin Granger nedeni değildir.	Lags	HPJ Wald Test	p-value	Karar
HTECH → RD	3	30.3632	0.0000***	H_0 reddedilir
RD → HTECH	1	21.8468	0.0000***	
HTECH → TRADE	3	52.7186	0.0000***	
TRADE → HTECH	3	5.0984	0.0000***	
HTECH → GFCF	3	106.7023	0.0000***	
GFCF → HTECH	3	36.3193	0.0000***	

*** %1 önem düzeyini ifade etmektedir.

Nedensellik testi sonucuna göre ilk olarak çok değişkenli fonksiyonlar için seçilen bağımsız değişken ve kontrol değişkenlerin

bağımlı değişkenin nedeni olup olmadığı incelenmiştir. Elde edilen bulgular bağımsız değişken ve kontrol değişkenlerin bağımlı değişken olan yüksek teknoloji ürün ihracatının (HTECH) nedeni olmadığı şeklindeki H_0 hipotezinin %1 önem düzeyinde reddedildiğini göstermektedir. Bir başka ifadeyle seçilen OECD ülkeleri için Ar-Ge harcamaları (RD), gayrisafi sabit sermaye yatırımları (GFCF) ve ticari açıklık (TRADE) değişkenleri yüksek teknoloji ürün ihracatının (HTECH) nedenidir. Her değişken için nedenselliğin ayrı ayrı incelenmesiyle elde edilen tek değişkenli nedensellik sonuçlarına göre yüksek teknoloji ürün ihracatı (HTECH) ile Ar-Ge harcamaları (RD) arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Yani araştırma geliştirme harcamaları yüksek teknoloji ürün ihracatının nedeniyken yüksek teknoloji ürün ihracatı da araştırma geliştirme harcamalarının nedenidir. Benzer şekilde gayrisafi sabit sermaye yatırımları (GFCF) ve ticari açıklık (TRADE) ile yüksek teknoloji ürün ihracatı (HTECH) arasında da çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu belirlenmiştir.

Sonuç

Uluslararası rekabette en etkili faktörlerden biri teknolojik gelişmelerdir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile yakından ilişkili olan teknolojik yenilik seviyesi sağlamış olduğu katma değer dolayısıyla da rekabet edebilirlik düzeyinde önemli bir katkı sunmaktadır. Özellikle uluslararası ticaret açısından incelendiğinde ihracatta katma değeri yüksek olan malların payını artırmak öncelikli politikalar haline gelmiştir. Bu bağlamda yüksek teknoloji ürün ihracatının temel belirleyici unsurlarından biri Ar-Ge harcamaları olarak kabul edilmektedir. Ar-Ge harcamalarına yapılan yatırımların artması neticesinde yüksek teknoloji ürün üretiminin artacağı, bunun ise ülkelere karşılaştırmalı üstünlük sağlayarak ülkelerin ihracat performansını olumlu yönde etkileyeceği kabul edilmektedir.

Bu çalışmada 22 OECD ülkesinin 1996-2021 dönemi yıllık verileri kullanılarak Ar-Ge harcamaları ile yüksek teknoloji ürün ihracatı arasındaki nedensellik ilişkisi panel veri yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Modele kontrol değişken olarak gayrisafi sabit sermaye yatırımları ile ticari açıklık verileri de eklenmiştir. Değişkenlerin ve modelin yatay kesit bağımlılıkları ile modele ait eğitim homojenliği testinin ardından değişkenlerin durağanlık düzeyleri panel birim kök testleri ile incelenmiştir. Gerek değişkenlere gerekse modele ait yatay kesit bağımlılığı elde edilmesi ikinci nesil birim kök testlerinin uygulanması gerektiğini göstermiştir. Değişkenlerinin her birinin seviyede birim köke sahip oldukları birinci farklarında ise durağanlaştıkları tespit edilmiştir.

Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin tespiti için Juodis, Karavias ve Sarafidis'in (2021) Granger panel nedensellik testinin Xiao vd. (2023) tarafından geliştirilen yeni versiyonu yapılmıştır. Panel nedensellik analizi sonuçlarına göre seçilen OECD ülkeleri için bağımsız değişken Ar-Ge harcamaları ile kontrol değişkenler olan gayrisafi sabit sermaye yatırımları (GFCF) ve ticari açıklık (TRADE) değişkenlerinin yüksek teknoloji ürün ihracatının (HTECH) nedeni olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca analiz sonucuna göre yüksek teknoloji ürün ihracatı (HTECH) ile Ar-Ge harcamaları (RD) arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Bir başka ifadeyle yüksek teknoloji ürün ihracatı (HTECH) ile araştırma geliştirme harcamalarının (RD) birbirlerinin nedeni olduğu sonucu elde edilmiştir. Kontrol değişkenler olan gayrisafi sabit sermaye yatırımları (GFCF) ve ticari açıklık (TRADE) ile yüksek teknoloji ürün ihracatı (HTECH) arasında da çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Yüksek teknoloji ürün ihracatı ile araştırma geliştirme harcamaları arasındaki nedensellik ilişkinin tespit edildiği bu çalışma sonuçlarına göre ülkelerin dış ticarete rekabet üstünlüğü elde edebilmeleri, sahip oldukları üstünlükleri koruyabilmeleri, refah düzeylerini artırabilmeleri için politika yapıcıların araştırma geliştirme harcamalarına yönelik yatırımları artırmaları bunun için de öncelikli olarak araştırma geliştirme harcamalarına milli gelirden daha fazla kaynak aktarmaları gerekmektedir. Bunun yanı sıra yüksek teknoloji alanında faaliyet gösteren firmalara Ar-Ge projeleri için belirli bir oranda hibe desteği sağlanması yenilikçi projelerin başlangıç aşamalarında mali yükü azaltacağı için teşvik edici olacaktır. Ar-Ge harcamalarının belirli bir yüzdesinin vergi matrahından düşülerek vergi indirimlerinin sağlanması, düşük faizli kredi olanakları sunarak ve risk sermayesi fonları oluşturularak yüksek teknoloji projeleri finansmanında önemli bir kaynak sağlanması finansal açıdan yapılabilecek teşviklerden bazılarıdır. Ayrıca kamu ve özel sektör işbirliğini sağlayarak Ar-Ge faaliyetlerinde özel sektörün payının artırılması ve kaynakların etkin kullanımının sağlanması, üniversite-sanayi işbirliği ile bilgi transferinin artırılması, belirli teknoloji geliştirme bölgeleri oluşturularak bu bölgelerdeki firmalara fiziki altyapı desteği, düşük kira hizmetlerinin sunulması, nitelikli işgücü temini amacıyla eğitim düzenlemelerinin yapılması, yenilikçi fikirleri artırabilmek amacıyla belirli periyotlarla yarışmalar düzenleyerek başarılı projelerin ödüllendirilmesi gibi teşvik edici uygulamalar da son derece önemlidir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkısı: Çalışma Konsepti/Tasarımı: S.Y., D.D.; Veri Toplama: S.Y.; Veri Analizi /Yorumlama: S.Y.; Yazı Taslağı: : S.Y., D.D.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: S.Y.; Son Onay ve Sorumluluk: S.Y., D.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: : S.Y., D.D.; Data Acquisition: S.Y.; Data Analysis/Interpretation: S.Y.; Drafting Manuscript: S.Y., D.D.; Critical Revision of Manuscript: S.Y.; Final Approval and Accountability: S.Y., D.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:

Sema Yaşar 0000-0002-7056-9265

Dilan Dayanan 0000-0003-2834-8722

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Ackrill, R. ve Çetin, R. (2019). The impacts of patent and R&D expenditures on the high-tech exports of newly industrialised countries: A panel cointegration analysis. *Nottingham Trent University Discussion Papers in Economics*, 2019/5, 1-31.
- Akar, T. ve Topoğlu, E. (2022). Ar-Ge harcamalarının ve patent başvurularının ileri teknoloji ürün ihracatı ve bilgi iletişim teknolojileri ihracatı üzerindeki etkileri. *Anadolu University Journal of Faculty of Economics*, 4(1), 20-35.
- Altay Topçu, B. (2018). The effect of R&D expenditures on high-tech manufacturing industry export: The case of OECD countries. *Social Sciences Studies Journal*, 4(16), 1177-1183.
- Bayar, Y., Remeikienė, R., ve Gasparėnienė, L. (2020). Intellectual property rights, R&D expenditures, and high-tech exports in the EU transition economies. *Journal of International Studies*, 13(1), 143-154. doi:10.14254/2071-8330.2020/13-1/9
- Bayraktutan, Y (2018). *Uluslararası İktisat*, Kocaeli: Umutepe.
- Bayraktutan, Y. ve Bıdırdı, H. (2018). Innovation and high-tech exports in developed and developing countries. *Journal of International Commerce, Economics and Policy*, 9 (3), 1850011-1-21. doi: 10.1142/S1793993318500114
- Blomquist J. ve Westerlund, J. (2013). Testing slope homogeneity in large panels with serial correlation. *Economics Letters*, 121(3), 374-378.
- Braunerhjelm P. ve Thulin, P. (2008). Can countries create comparative advantages? R&D expenditures, high-tech exports and country size in 19 OECD countries, 1981–1999, *International Economic Journal*, 22(1), 95-111, doi: 10.1080/10168730801887026
- Dhaene, G. ve Jochmans, K. (2015). Split-panel jackknife estimation of fixed-effect models. *The Review of Economic Studies*, 82(3), 991-1030.
- Falk, M. (2009). High-tech exports and economic growth in industrialized countries. *Applied Economics Letters*, 16 (10), 1025-1028. doi:10.1080/13504850701222228
- Fan, J., Liao, Y. ve Yao, J. (2015). Power enhancement in high-dimensional cross-sectional tests. *Econometrica*, 83 (4), 1497–1541.
- Freeman, C. ve Soete, L. (2003). *The Economics of Industrial Innovation. Yenilik İktisatı*. (Çeviren: Ergun Türkcan). Ankara: TÜBİTAK Yayınları.
- Gaur, M., Kant, R. ve Verma, N.M.P. (2020). Macro-economic determinants of high technology exports. *European Journal of Business and Management Research*, 5(5), 1-6. doi: 10.24018/ejbmr.2020.5.5.506
- Göçer, İ. (2013). Ar-Ge harcamalarının yüksek teknoloji ürün ihracatı, dış ticaret dengesi ve ekonomik büyüme üzerindeki etkileri. *Maliye Dergisi*, 165, 215-240.
- Grossman, GM, and E Helpman (1991). *Innovation and growth in the global economy*, Massachusetts: The MIT Press.
- Helpman, E (1999). Structure of foreign trade. *The Journal of Economic Perspectives*, 13(2), 121–144.
- Juodis, A., Karavias, Y. ve Sarafidis, V. (2021). A homogeneous approach to testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Empirical Economics*, 60(1), 93-112.
- Karagoz, H. ve Şener, S. (2023). Sanayi sektörü önemini yitirdi mi? İhracat ve rekabet gücü ekseninde bir inceleme. *İstanbul İktisat Dergisi*, 73(1), 307-331. <https://doi.org/10.26650/ISTJECON2022-1208734>
- Kılıç, C., Bayar, Y. ve Özekicioğlu, H. (2014). Araştırma geliştirme harcamalarının yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerindeki etkisi: G-8 ülkeleri için bir panel veri analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 44: 115-130.
- Krugman, P. (1979). A model of innovation, technology transfer, and the world distribution of income, *The Journal of Political Economy*, 87(2), 253-266.

- Lall, S. (2000). The technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985–98. *Oxford Development Studies*, 28(3), 337–369.
- Le, C. D. (1987). The role of R&D in high-technology trade: An empirical analysis, *Atlantic Economic Journal*, 15, 32-38.
- Lee, J. ve Kwon, H.B. (2023). Synergistic effect of R&D and exports on performance in US manufacturing industries: high-tech vs low-tech. *Journal of Modelling in Management*, 18(2), 343-371. <https://doi.org/10.1108/JM2-03-2021-0057>
- Leinfellner, W. ve Eberlein, G. (1997). *A methodological framework for techno-economic analyses*. İtalya: University of Bologna.
- Özçelik, O. (2022). Ar-Ge ve İnovasyonun yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerindeki etkileri: NIC ülkeleri için fourier panel veri analizi. *Turkish Studies - Economy*, 17(2), 407-430. <https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.62007>
- Özer, M. ve Çiftçi, N. (2009). AR-GE tabanlı içsel büyüme modelleri ve AR-GE harcamalarının ekonomik büyüme üzerine etkisi: OECD ülkeleri panel veri analizi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8(16), 219-240.
- Pesaran, M.H ve Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*. 142, 50-93.
- Pesaran, M.H, Ullah, A. ve Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *Econometrics Journal*, 11, 105-127.
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross section dependence. *Journal Of Applied Econometrics*, 22, 265-312. doi.org/10.1002/jae.951.
- Pesaran, M.H. (2006). Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure, *Econometrica*, 74, 4, 967-1012.
- Pesaran, M.H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. IZA Discussion Paper Series, No:1240, 1-39.
- Posner, MV (1961). International trade and technical change. *OxfordEconomicPapers*, 13(3), 323–341.
- Rauf, A., Ying, M. ve Jalil, A. (2023). Change in factor endowment, technological innovation and export: evidence from China'á manufacturing sector. *European Journal of Innovation Management*, 26(1), 134-156. doi.org/10.1108/EJIM-01-2021-0055
- Sandu, S. ve Bogdan, C. (2014). Impact of R&D and innovation on high-tech export. *Procedia Economics and Finance*, 15: 80-90.
- Tebaldi, E. (2011). The determinants of high-technology exports: A panel data analysis. *Atlantic Economic Journal*, 39(4), 343-353.
- Türker, M.T. (2009). İçsel büyüme teorilerinde içsel büyümenin kaynağı ve uluslararası ticaret olgusuyla ilişkisi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 25, 87-94.
- Utkulu, U. (2005). *Türkiye'nin Dış Ticareti ve Değişen Mukayeseli Üstünlükler*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları.
- Uzay, N., Demir, M. ve Yıldırım, E. (2012). İhracat performansı açısından teknolojik yeniliğin önemi: Türkiye imalat sanayi örneği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*. 13(1), 147-160.
- Vernon, R (1966). International investment and international trade in the product cycle. *The Quarterly Journal of Economics*, 80(2), 190–207.
- Yaman, H., Çetin, D., ve Dulupçu, M. A. (2020). OECD ülkelerinde Ar-Ge harcamaları ve ileri teknoloji ihracatı: Bir panel veri analizi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(3), 193-208.
- Yaşar, S. ve Taşar, M.O. (2019). Dış Ticaret ve Ekonomik Büyümenin Anahtarları: Teknoloji. Konya: Atlas Yayınevi.
- Xiao, J., Juodis, A., Karavias, Y., Sarafidis, V., veDitzen, J. (2023). Improved tests for Granger noncausality in panel data. *The Stata Journal*, 23 (1), 230-242.
- Xing, Y (2012). The people's republic of china's high-tech exports: Myth and reality, *ADB Working Paper No. 5055*, Tokyo: Asian Development Bank Institute.

Atıf Biçimi / How cite this article

Yaşar, S., & Dayanan, D. (2024). The role of R&D expenditures on high technology product exports: A panel causality analysis for OECD countries. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 41, 151-160. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.41.1553410>

Durum Uzayı Modelleri ile Türkiye'nin Yurtiçi Fiyatları ve Döviz Kuru İlişkisinin Değerlendirilmesi

Evaluation of Türkiye's Domestic Prices and Exchange Rate Relationship with State Space Models

Fikriye Ceren Bostancı¹ , Selçuk Koç² 

¹(Arş. Gör.), Kocaeli Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, İktisat Bölümü, Kocaeli, Türkiye

²(Prof. Dr.), Kocaeli Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, İktisat Bölümü, Kocaeli, Türkiye

ÖZ

Bu çalışmada, Durum Uzayı Modellerinin (State Space Models) tanıtılması amacıyla bir Türkiye iktisadi analizi ele alınmaktadır. Durum Uzayı Modelleri, esnek yapılara ve veri kaybını önleyen bir tahmin yöntemine sahip olması sebebiyle tercih edilen bir modelleme yöntemi sunmaktadır. Bu çalışmanın iktisadi uygulaması olarak, Türkiye'nin 2005-2024 dönemine ait aylık Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE), Dolar/TL ve Euro/TL değişkenleri ile bir analiz yapılmıştır. Analizin ilk aşamasında, yalnızca açıklayıcı değişken içeren bir modelleme yaklaşımı benimsenmiş ve TÜFE, Dolar/TL, Euro/TL gibi ekonomik göstergeler bireysel olarak ele alınarak analiz edilmiştir. Ardından, daha karmaşık bir modelleme sürecine geçilmiştir; bu süreçte yalnızca açıklayıcı değişken içeren modellerin yanı sıra, 2023 yılının Ocak ayından itibaren geçerli olacak bir kukla değişken eklenmiştir. Kukla değişken eklenerek yapılan ikinci modellemede, belirli dönemlerde gerçekleşen yapısal kırılmalar ve politika değişikliklerinin veriler üzerindeki etkisi daha kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Analizde deterministik ve stokastik özellikler de dikkate alınmış ve bu farklı model yapıları Kalman Filtresi (1960) yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Bu analizler sonucunda, en iyi model yapısının Dolar/TL ve Euro/TL değişkenleri için Stokastik Seviye ve Açıklayıcı Değişken-Kukla Değişken modeli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Dolar/TL ve Euro/TL değişkenlerinin TÜFE üzerindeki etkisinin benzer oranda ve pozitif yönde olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte TÜFE'nin Dolar/TL ve Euro/TL değişkenlerindeki dalgalanmalara nispeten daha az hassasiyet gösterdiği; başka bir deyişle, Dolar/TL ve Euro/TL değişimlerine göre daha düşük esneklik sergilediği tespit edilmiştir. Ayrıca modelde kukla değişken kullanılması iki dönem arasında yurt içi fiyatlarının karşılaştırılmasına olanak tanımıştır. Buna göre 2023'ün ilk ayı ve sonrasındaki yurtiçi fiyatlarının önceki dönemlere göre daha düşük olduğu çıkarımı yapılmıştır. Bu bulgular, Türkiye'de döviz kuru ve yurt içi fiyatları arasındaki ilişkiyi daha iyi anlamak için önemli çıkarımlar sunmaktadır ve Durum Uzayı Modellerinin iktisadi bir uygulamada kullanımında göstermesi bakımında literatüre katkı sunmaktadır.

ABSTRACT

In this article, an economic analysis of Türkiye is discussed to introduce State Space Models. State Space Models offer a preferred modelling method as they have flexible structures. As an economic application of this study, an analysis is conducted with Türkiye's monthly Consumer Price Index (CPI), USD/TRY and EUR/TRY for the period 2005-2024. In the first stage, a modelling approach with only explanatory variables is adopted. Subsequently, in addition to the models with only explanatory variables, a dummy variable was added to be valid from January 2023 onwards. Deterministic and stochastic features were considered in the analysis, and these different model structures were estimated. As a result, it is concluded that the best model structure is the Stochastic Level and Explanatory Variable-Dummy Variable model for the USD/TRY and EUR/TRY. The results show that the effects of USD/TRY and EUR/TRY on the CPI are similar and positive. However, the CPI is found to be relatively less sensitive to fluctuations in the USD/TRY and EUR/TRY. In addition, the use of a dummy variable in the model allowed the comparison of domestic prices between the two periods. Accordingly, it is inferred that domestic prices in the first month of 2023 and thereafter are lower than those in the previous periods. These findings have important implications for a better understanding of the relationship between exchange rates and domestic prices in Türkiye and contribute to the literature in terms of demonstrating the use of State Space Models in an economic application.

Corresponding Author: Fikriye Ceren Bostancı **E-mail:** ceren.bostanci@kocaeli.edu.tr

Submitted: 30.10.2024 • **Revision Requested:** 02.12.2024 • **Last Revision Received:** 04.12.2024 • **Accepted:** 09.12.2024



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

Anahtar Kelimeler: Durum Uzayı Modelleri, Kalman Filtresi, Enflasyon, Tüketici Fiyat Endeksi, Döviz Kuru

Keywords: State Space Models, Kalman Filter, Inflation, Consumer Price Index, Exchange Rate

EXTENDED SUMMARY

This study examines the relationship between domestic prices and exchange rates in the Türkiye economy and uses State Space Models and the Kalman Filter method to analyse this interaction. State Space Models are highly flexible models used in economic analysis and prevent data loss. This feature makes state-space models very useful in time-series analysis. In this framework, the Kalman filter is used in the estimation of the state space models. State Space Models and the Kalman Filter make important contributions in revealing economic relationships that are difficult to measure.

In this article, first, the theory of the economic issue is discussed and then the general representation of State Space Models is analysed. Then, the structures of the State Space Models according to different specifications are discussed separately and the model structures are explained through equations. Then, the Kalman Filter method, which is the estimation method of State Space Models, developed by electrical engineer Rudolf Emil Kalman in 1960 for use in control engineering, is explained. The feature of the Kalman Filter that makes it very useful in the use of economic series is that it can be applied to both stationary and unit rooted series. Due to these useful features, the Kalman Filter was adapted to the economic series by Andrew Harvey in 1989 for use in econometric analyses.

This study analyzes the relationship between Türkiye's Consumer Price Index (CPI) and the USD/TRY and EUR/TRY exchange rates separately over a period extending from 2005 to 2024. Studying this long period provides a detailed analysis of the relationship between the CPI and USD/TRY and EUR/TRY. The analysis is initially carried out using State Space Models with only explanatory variables and investigates the direction and degree to which the USD/TRY and EUR/TRY exchange rates are driving the CPI. In addition to this modelling, a dummy variable representing the first month of 2023 and the following months was added to the model, and it was investigated how the dummy and explanatory variables explained the CPI variable. The purpose of adding the dummy variable to the model is to include the structural breaks and policy changes in the Turkish economy in the model. For both models, adding a dummy variable to the model made a positive contribution to the model.

In order to analyse the State Space Models with Explanatory Variables and State Space Models with Explanatory Dummy Variables mentioned in the above paragraph in a more holistic sense, the deterministic and stochastic properties of the explanatory and dummy variables are included separately in the model. In this way, the possibility of correctly selecting the model type that gives the best model result has increased. It was determined that the model that gave the best result was the Stochastic Level Explanatory Variable-Dummy Variable Model, and this model was accepted as the final model.

According to the model results, it is concluded that the USD/TRY and EUR/TRY variables positively affect the CPI variables. More specifically, a 1% change in the USD/TRY increases the CPI by approximately 0.1752%, while a 1% change in the EUR/TRY increases the CPI by approximately 0.1768%. The values are very close to each other, but it is observed that the EUR/TRY affects the CPI more than the USD/TRY. This is thought to be due to the fact that Türkiye imports mostly from European countries. These values also provide the elasticities. Accordingly, it can be interpreted that the CPI is inelastic against USD/TRY and EUR/TRY. This shows that domestic prices react little to the fluctuations in USD/TRY and EUR/TRY. Since there is also a dummy variable in the model, it is possible to compare the domestic prices of the two periods. Accordingly, in the CPI-USD/TRY model, Türkiye's domestic prices are 0.04378% lower for January 2023 and later than the other dates, while in the CPI-EUR/TRY model, Türkiye's domestic prices are 0.04375% lower for January 2023 and later than the other dates. It is noteworthy that these values are quite close to each other. This means that the policy changes that have started to be experienced since the first month of 2023 have a decreasing effect on domestic prices.

At the end of the article, it is underlined that Türkiye, like every developing country, is quite sensitive to external shocks. To become more resilient to these external shocks, policies that encourage domestic production and exports are suggested.

Giriş

Temelleri ilk olarak Rudolf Emil Kalman tarafından 1960 senesinde atılan Durum Uzayı Modelleri (State Space Models), mühendislikte kullanılmak üzere tasarlanmış model yapılarıdır. Kalman (1960), ayrıca Kalman Filtresi de geliştirip Durum Uzayı Modellerinin tahminini mümkün hale getirmiştir.

Durum Uzayı Modellerinin Ekonometri alanında kullanılmasına olanak sağlayan araştırmacı ise Andrew Harvey'dir. Harvey (1989)'da ekonometrik modellerin Kalman Filtresi ile tahmini anlatılmıştır. Durum Uzayı Modelleri, sahip olduğu avantajlar sayesinde Ekonometri alanında da kullanılmaya başlanmıştır.

Kalman (1960) formülasyonu, hem durağan hem de durağan olmayan seriler ile model kurmaya olanak sağlamaktadır (Kalman, 1960, s.35). Dolayısıyla bu yöntemde, fark alma yoluyla durağanlaştırma işlemine gerek olmaması sebebiyle veri kaybı sorunu

yaşanmamaktadır. Ayrıca Durum Uzayı Modelleri, Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA) ailesi, zamanla değişen katsayılar modeli gibi çok çeşitli model kalıpları şeklinde yazılabilen esnek modellerdir. Esneklik özelliklerine ek olarak Durum Uzayı Modelleri, eksik gözlem olması durumunda da kullanılabilen bir model sistemidir. Daha gelişmiş Durum Uzay Modelleri, doğrusal olmama durumunu ve kalıntıların normal dağılım göstermediği durumlarda da kullanılabilir. Durum Uzayı Modelleri, zaman serisi bileşenlerini sadece deterministik özelliklerini değil aynı zamanda stokastik özelliklerini de modellemeye dahil etmesi de bu modellerin avantajı olarak karşımıza çıkmaktadır. Durum Uzayı Modellerinin hem deterministik hem stokastik özelliklere izin veren yapısı sebebiyle araştırmacılar daha çok çeşitli model kurabilmekte ve en uygun modeli kurma olasılıkları artmaktadır.

Durum Uzayı Modellerinin dezavantajı tahminin ve anlaşılmasının zor olmasıdır. Bu durum bu model yapısının popüler olmasının önüne geçmiştir. Ancak son yıllarda gelişen paket programlar yardımıyla kullanımı kolaylaşmış ve ekonometrik analizlerde kullanımı artmıştır.

Çalışmada Durum Uzay modellemesini iktisadi bir örnek üzerinden anlatmak için Türkiye'de yurtiçi fiyatları döviz kurları değişkenleri ile Durum Uzay Modelleri metodolojisi üzerinden açıklanmaya çalışılmıştır. Bu konu özelinde literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Akgül ve Özdemir (2018), Türkiye'nin 2003-2016 dönemi için enflasyon ile faiz oranı ve enflasyon ile döviz kuru arasındaki nedensellik ilişkisini Diks ve Panchenko (2006) testi ile incelemiştir. Söz konusu çalışmada sonuçlar iki ayrı dönemde yorumlanmıştır. Sonuçlara göre 2003-2011 dönemi için enflasyon ve faiz oranı değişkenleri arasında çift yönlü nedensel ilişki söz konusudur ancak bu ilişki 2011 senesinde yaşanan yapısal kırılma sonrasında geçerli olmamıştır. Bununla birlikte, 2008 yılı sonrasında Türkiye'de döviz kurundan enflasyona doğru tek yönlü nedensel ilişki tespit edilmiştir.

Altuntaş ve ark. (2021), 2006-2021 dönemi için Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) ve sepet döviz kuru değişkenlerini Sims (1980) Vektör Otoregresif (VAR) Modeli ve Granger (1969) nedensellik testi aracılığı ile analiz etmiştir. Çalışmada analiz Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) başkanlarına göre dönemlere ayrılarak yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre Durmuş Yılmaz döneminde sadece TÜFE değişkeninden sepet kur değişkenine doğru tek taraflı bir nedensellik bulunmuştur. Erdem Başçı döneminde ilgili değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Erdem Başçı sonrası dönemde ise değişkenler arasında çift taraflı bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Bozkurt (2021), Türkiye'nin politika faizi, piyasa faizi, nominal Dolar/TL değişkeni ve TÜFE bazlı enflasyon verilerini Sims (1980) Vektör Otoregresif (VAR) Modeli ve Granger (1969) nedensellik testini kullanarak 2011-2021 dönemi için analiz etmiştir. Çalışma sonucunda piyasa faiz oranından politika faiz oranına, piyasa faiz oranından nominal Dolar/TL değişkenine ve nominal Dolar/TL değişkeninden enflasyona tek yönlü bir nedensel ilişki bulunmuştur.

Aytekin ve ark. (2023), Autoregressive Distributive Lag (ARDL) ve Toda ve Yamamoto (1995) teknikleri ile 2004-2021 dönemi için TÜFE, Üretici Fiyat Endeksi (ÜFE) ve reel efektif döviz kuru arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Sonuçlara göre döviz kuru ile ÜFE değişkenleri arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi vardır. ÜFE'den enflasyona doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi vardır. Ayrıca uzun dönemde ÜFE'deki artış enflasyonu artırmaktadır.

Altuntaş (2024), 2007-2021 dönemi enflasyon, nominal döviz kurları (Dolar/TL ve Euro/TL), ithalat değer endeksi ve çıktı açığı aylık verilerini kullanarak ARDL ve Nonlinear Autoregressive Distributive Lag (NARDL) modelleri ile bir çalışma yapmıştır. Çalışma sonuçlarına göre fiyatlar, Türk Lirasının Dolar ve Euro karşısında değer kaybetmesine uzun dönemde anlamlı ve pozitif tepki vermekte olduğu ancak geçiş etkisinin eksik olduğu, ayrıca Dolar/TL ve Euro/TL'nin, uzun dönemde enflasyon üzerinde asimetric bir etkisi söz konusu olduğu ortaya çıkmıştır.

Sözen ve ark. (2024), 2011-2019 dönemi için, Borsa İstanbul (BİST-100), Yatırımcı Risk İştahı Endeksi (RISE), TÜFE bazlı reel efektif döviz kuru, faiz oranı ve TÜFE bazlı enflasyon oranı değişkenlerini kullanarak Toda ve Yamamoto (1995) nedensellik testi ile analiz gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlara göre; BİST-100 endeksi ve reel efektif döviz kurundan enflasyona, RISE'den faiz oranına, BİST-100 endeksinden RISE'e doğru tek yönlü nedensellik sonucu bulunmuştur.

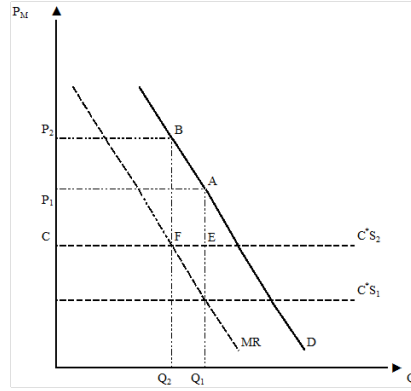
Bu çalışmada, Dolar/TL ve Euro/TL değişkenlerinin yurtiçi fiyatlarına olan etkisi 2005M1-2024M9 dönemi aylık verileri kullanılarak Durum Uzayı Modelleri yardımıyla araştırılmıştır. Amaç ve Yöntem bölümünde çalışılan İktisat problemi geçmiş çalışmalarla ele alınmış ayrıca Durum Uzayı Modelleri ve Kalman Filtresi tanıtılmıştır. Bulgular kısmında model tahminlerine yer verilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır. Tartışma ve Sonuç kısmında bulgular iktisadi bağlamda tartışılmış ve politika önerisi sunulmuştur.

Amaç ve Yöntem

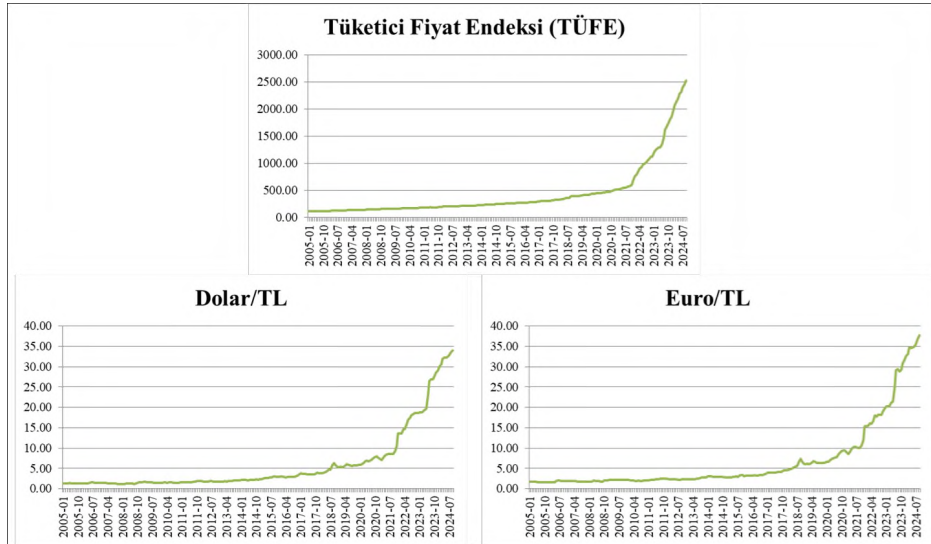
Bu çalışmanın amacı Dolar/TL ve Euro/TL değişkenlerinin yurtiçi fiyatlarına olan etkisinin ayrı modeller yardımıyla belirlenmesi ve sonuçların karşılaştırılmasıdır. Bu doğrultuda, Dolar/TL değişkeninin Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE)'ye olan etkisi ve Euro/TL değişkeninin TÜFE'ye etkisi, açıklayıcı değişken içeren tüm Durum Uzayı Modelleri ile tahmin edilmiş ve optimum model nihai

model olarak yorumlanmıştır. TÜFE, tüketiciler tarafından satın alınan mal ve hizmetlerin genel maliyetlerinin ölçüsü olarak tanımlanmaktadır (Mankiw, 2021, s.512). Çalışmada yurt içi tüketici fiyatlarını temsil etmesi amacıyla TÜFE kullanılmıştır. Dolar/TL ve Euro/TL değişkenleri ise 1 Dolar ve 1 Euro'nun belli bir zamandaki Türk Lirası fiyatını ifade etmektedir. TÜFE'nin büyüme oranı olarak hesaplanan enflasyon, bir ülkede fiyatların sürekli artması olarak tanımlanmaktadır ve özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde başlıca sorun haline gelmiştir. Öyle ki ülkelerde merkez bankalarının birinci amacı fiyat istikrarının sağlanması ve sürdürülmesidir (Koç ve Abasız, 2012, s.102). Bu nedenle enflasyon iktisadi çalışmalarda sıklıkla çalışılan, üzerinde politika geliştirilen konuların başında gelmektedir. Bu çalışmaların bir kısmı enflasyonun hangi faktörler tarafından belirlendiği konusudur. Bu faktörlerin başında döviz kurları yer almaktadır. Döviz kurunun yurt içi fiyatlara etkisi genelde Exchange Rate Pass-Through (ERPT) kavramı üzerinden anlatılmaya çalışılmaktadır. Döviz kurundaki değişimlerin yurt içi fiyatları üzerindeki etkisi fazla olduğunda ülkedeki döviz kuru rejiminin seçimi etkilenmektedir. Bununla birlikte söz konusu etki daha düşük olduğunda ülkede enflasyon hedeflemesi daha kolay gerçekleştirilebilmektedir (Altıntaş, 2024, s.2). Bu nedenle döviz kurunun yurtiçi fiyatlara geçişkenliğinin analiz edilmesi ve dolayısıyla şiddetinin belirlenmesi politika yapıcılara yol göstermesi bakımından çok önemlidir.

Amitrano ve ark. (1997), ulusal para birimindeki değer kaybının yurtiçi fiyat artışlarına geçiş sürecini üç aşamaya ayırarak açıklamıştır. İlk aşamada ulusal para birimindeki bir değer kaybının ithalat fiyatlarına geçiş süreci gerçekleşmektedir. Söz konusu çalışmada ilk aşama, Hooper ve Mann (1989)'ı temel alan Doğrudan Geçiş Mark-up modeli yardımıyla açıklanmıştır. İlgili model Şekil 1 yardımıyla gösterilmektedir.



Şekil 1. Mark up Modeli (Yazarlar tarafından Amitrano ve ark. (1997) çalışmasından örnek alınarak çizilmiştir.)



Şekil 2. Serilerin Grafikleri

Şekil 1'de dikey eksen, yerel para birimi cinsinden ithalat fiyatını (P_M), yatay eksen ithal edilen mal miktarlarını göstermektedir. (D), yurtiçi talep eğrisini, (MR), yurtiçi talebine bağlı marjinal gelir eğrisini ve döviz kurunu ifade etmektedir. Söz konusu modele göre, yabancı firma iç piyasada aşağı doğru eğimli talep eğrisine göre hareket etmektedir ve yabancı para cinsinden marjinal maliyet

(C) ile üretim yapabilmektedir. Bu modelde, modeli basitleştirmek adına, yabancı üreticinin ölçeğe göre sabit getiri ile çalıştığını ve dolayısıyla maliyet eğrisinin düz yatay çizgi olduğu varsayılmaktadır. Marjinal maliyet C^* ve döviz kuru S olduğuna göre C^*S_1 ve C^*S_2 maliyetin yerel para birimine çevrilmiş halini ifade etmektedir. P_1 döviz kuru seviyesinde, optimum fiyat ve miktar sırasıyla P_1 ve Q_1 seviyesinde bulunmaktadır. Burada P_1 fiyatı iç talebin fiyat esnekliğinin fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Bu durum Denklem 1 yardımıyla aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$P_1 = e/(e + 1)C^*S_1 \quad (1)$$

Denklem 1'de yer alan gösterimi iç talebin fiyat esnekliğini belirtmektedir. Döviz kuru seviyesinden seviyesine yükseldiğinde yeni optimum fiyat ve miktar sırasıyla P_2 ve Q_2 olacaktır. Talebin fiyat esnekliği sabit ise burada tam bir geçişkenlik meydana gelecektir. Bu durumda yeni fiyatın denklemi,

$$P_2 = e/(e + 1)C^*S_2 \quad (2)$$

şeklinde ifade edilecektir. Amitrano ve ark. (1997), döviz kurunda meydana gelen değişikliklerin yurtiçi fiyatlara yansımalarının ikinci aşamasını ithalat fiyatları ve yurtiçi fiyatlar arasındaki etkileşimi sağlayan kanallarla ilgili olduğunu dile getirmişlerdir. Çalışmacılara göre bu durum aslında ülkenin sahip olduğu ekonomik yapıdan etkilenmektedir. Örneğin daha açık ekonomik sisteme sahip olan bir ülke daha kapalı ekonomik sisteme sahip olan bir ülkeye göre daha fazla ithal mal talep etmektedir. Dolayısıyla bu tür ülkelerde ithalat mallarının fiyatlarının artışı yurtiçinde fiyatların artmasını daha çok etkilemektedir. Üçüncü aşamada ise döviz kurunun artmasının ardından ülkedeki ücretlerin ayarlanması açıklanmaktadır. Ücretlerin ayarlanması ise işgücü piyasasının gücü ve toplam talebin durumu tarafından etkilenmektedir. Amitrano ve ark. (1997), çalışmasının teorik bölümünü döviz kurunun artmasının yurtiçi fiyatlarını yükseltme derecesini etkileyen faktörleri,

- Ulusal para birimindeki değer kaybının algılanan kalıcılık düzeyi
- Döviz kurunun artmasından sonra meydana gelen yabancı fiyat artışlarının düzeyi
- Ekonominin açıklık düzeyi
- Maliye politikasının teşvik düzeyi

belirterek sonlandırmışlardır (Amitrano ve ark., 1997, s.331-334).

Literatürde TÜFE ve döviz kurları ile yapılan çalışmalar, söz konusu değişkenlerin genelde ilk farklarında durağan olmaları sebebiyle, nedensellik analizi ile yapılmaktadır. Durum Uzayı Modelleri analizde değişkenlerin durağan olup olmamalarını dikkate almadığı için ve literatüre katkı sunulması amacıyla bu çalışmada söz konusu iktisadi konu Durum Uzayı Modelleri ile analiz edilmiştir.

Durum Uzayı Modelleri, durağanlık durumu gözetilmeyerek düzey halleri ile analiz yapmaya olanak sağlaması hem de esnek yapısı sebebiyle bu çalışmada kullanılması için tercih edilmiştir. Durum Uzayı Modelleri, gözlenemeyen bileşenlere sahip dinamik bir sistemin modellenmesinde kullanılan esnek bir model yapısıdır. ARIMA ailesi modelleri, gözlenemeyen bileşen modelleri, değişen katsayılı modeller gibi çeşitli doğrusal ve doğrusal olmayan modeller Durum Uzayı yapısında modellenmektedir (Mergner, 2009, s.17).

Durum Uzayı Modelleri ölçüm ve durum¹ denklemlerinden meydana gelmektedir. Ölçüm denklemi, gözlenebilen değişkenler ve gözlenmeyen durum değişkenleri arasındaki ilişkiyi tanımlayan denklemdir. Durum denklemi ise durum değişkenleri arasındaki dinamiği ifade etmekte kullanılmaktadır (Kim ve Nelson, 1990, s.29). Ölçüm denklemi matris formunda,

$$y_t = Z_t\alpha_t + d_t + \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim N(0, H_t) \quad (3)$$

olarak gösterilmektedir. Ölçüm denkleminde yer alan y_t , $n \times 1$ boyutlu ölçüm vektörü, α_t , $m \times 1$ boyutlu durum vektörü, Z_t , gözlenmeyen durum değişkeni vektörü ile gözlemlenen değişken vektörü arasındaki ilişkiyi sağlayan $n \times m$ boyutlu matris, d_t , $n \times 1$ boyutlu vektör ve ε_t , $n \times 1$ boyutlu hata terimi vektörüdür. ε_t , ölçüm hataları olarak da adlandırılmaktadır. Durum denklemi matris formunda,

$$\alpha_{t+1} = T_t\alpha_t + c_t + R_t\xi_t, \xi_t \sim N(0, Q_t) \quad (4)$$

olarak gösterilmektedir. Burada T_t , boyutlu matris, $m \times m$ boyutlu matris, $R_t m \times g$, $c_t m \times 1$ boyutlu vektör ve $\xi_t g \times 1$ boyutlu durum hata terimlerini ifade eden vektördür. Ölçüm hataları, sıfır ortalamalı ve varyans-kovaryans matrisi ile otokorelasyonsuz hata terimleridir. Aynı şekilde, durum hata terimleri, ε_t , sıfır ortalamalı ve H_t varyans-kovaryans matrisi ile otokorelasyonsuz hata terimleridir (Durbin ve Koopman, 2012, s.43; Harvey, 1989, s.100-101).

Durum uzayı modelleri içerdikleri trend, mevsimsel etki, dışsal değişken, kukla değişken gibi bileşenler ile farklı şekillerde modellenmektedir. Söz konusu bileşenler, durum denklemleri yardımıyla Durum Uzayı Modeli sistemine dahil olmaktadır.

¹ Durum Uzayı literatüründe durum denklemleri, geçiş (transition) denklemleri olarak da geçmektedir

Bu modeller, Yerel Seviye Modeli, Yerel Doğrusal Trend Modeli, Mevsimsel Yerel Seviye Modeli, Açıklayıcı Değişkenli Yerel Seviye Modeli ve Kukla Değişkenli Yerel Seviye Modelidir. Durum Uzayı Modellerinin en basit hali olan Yerel Seviye Modeli cebirsel formda,

$$\begin{aligned} y_t &= \mu_t + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim niid(0, \sigma_\varepsilon^2) \\ \mu_{t+1} &= \mu_t + \xi_t, \quad \xi_t \sim niid(0, \sigma_\xi^2) \end{aligned} \quad (5)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada μ_t , t zamanındaki gözlemlenemeyen düzey; ε_t , t zamanındaki ölçüm hata terimi ve ξ_t , t zamanındaki durum hata terimidir. Model tahmininde $\delta_\xi^2 = 0$ eşitlendiğinde Yerel Seviye Modeli, Deterministik Yerel Seviye Modeli haline gelmektedir. δ_ξ^2 varyansının model sisteminde değişmesine izin verildiğinde ise model Stokastik Seviye Modeli olarak adlandırılmaktadır (Commendeur ve Koopman, 2007, s.9-10). Yerel Seviye Modelinin durum denkleminde trend bileşeni eklenmesiyle elde edilen Yerel Doğrusal Trend Modeli Denklem 6'te gösterilmektedir.

$$\begin{aligned} y_t &= \mu_t + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim niid(0, \sigma_\varepsilon^2) \\ \mu_{t+1} &= \mu_t + v_t, \quad v_t \sim niid(0, \sigma_v^2) \\ v_{t+1} &= v_t + \xi_t, \quad \xi_t \sim niid(0, \sigma_\xi^2) \end{aligned} \quad (6)$$

Denklem 3'ten farklı olarak Denklem 4'te yer alan v_t , t zamanındaki trend bileşenini ifade ederken ξ_t , t zamanındaki trend durum denkleminde hata terimini göstermektedir. Burada da $\sigma_\xi^2 = 0$ ve $\sigma_\varepsilon^2 = 0$ olması durumunda Deterministik Seviye ve Eğim modeli, σ_ξ^2 'nin zamanla değişmesine izin verilirken $\sigma_\varepsilon^2 = 0$ olması durumunda Stokastik Seviye ve Deterministik Eğim Modeli ve iki varyansın da zamanla değişmesine izin verilmesi durumunda ise Stokastik Seviye ve Stokastik Eğim Modeli elde edilmektedir. Yerel Seviye Modelinin ölçüm denkleminde üç aylık mevsimsel etki eklenmesiyle Denklem 7'teki model yapısı oluşmaktadır. Denklem 7'de baz alınan döneme göre mevsimselliğin etkisi incelenmek istendiğinde seviye değişkeni μ_t kullanılmadan dört mevsimli model yerine μ_t değişkeni kullanılarak üç adet mevsimsel değişkeni ifade eden model kullanılmıştır. Bunun sebebi baz dönemden diğer dönemlerin farklarının belirlenmek istenmesidir. Denklem 7 şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\begin{aligned} y_t &= \mu_t + \gamma_1 \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim niid(0, \sigma_\varepsilon^2) \\ \mu_{t+1} &= m\mu_t + \xi_t, \quad \xi_t \sim niid(0, \sigma_\xi^2) \\ \gamma_{1,t+1} &= -\gamma_{1,t} - \gamma_{2,t} - \gamma_{3,t} + \omega_t \\ \gamma_{2,t+1} &= \gamma_{1,t}, \quad \omega_t \sim niid(0, \sigma_\omega^2) \end{aligned} \quad (7)$$

Burada γ_t mevsimsel bileşeni ifade etmektedir. Mevsimsel durum denkleminde yer alan $\gamma_{1,t}$, birinci çeyreklığın, $\gamma_{2,t}$, ikinci çeyreklığın ve $\gamma_{3,t}$, üçüncü çeyreklığın etkisini göstermektedir. ω_t mevsimsel durum denkleminin hata terimini ifade etmektedir. $\sigma_\xi^2 = 0$ ve $\sigma_\varepsilon^2 = 0$ durumlarının birlikte gerçekleşmesi durumunda Deterministik Seviye ve Mevsimsel Modeli, $\sigma_\xi^2 = 0$ ve σ_ω^2 varyanslarının değişmesine izin verilmesi durumunda Stokastik Seviye ve Mevsimsel Modeli ve sadece $\sigma_\omega^2 = 0$ durumunda Stokastik Seviye ve Deterministik Mevsimsel Modeli tahmin edilmektedir (Koopman ve ark., 1999, s.116). Açıklayıcı Değişkenli Yerel Seviye Modeli, Denklem 3'te yer alan ölçüm denkleminde açıklayıcı değişken eklenmesiyle ve açıklayıcı değişken katsayısı ile yeni bir durum denkleminin kurulmasıyla oluşturulmaktadır. Söz konusu denklem,

$$\begin{aligned} y_t &= \mu_t + \beta_t x_t + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim niid(0, \sigma_\varepsilon^2) \\ \mu_{t+1} &= \mu_t + \xi_t, \quad \xi_t \sim niid(0, \sigma_\xi^2) \\ \beta_{t+1} &= \beta_t + \tau_t, \quad \tau_t \sim niid(0, \sigma_\tau^2) \end{aligned} \quad (8)$$

(8) nolu denkleme kukla değişken eklenmesi ve kukla değişken katsayısının durum denkleminin oluşturulması ile de Kukla Değişkenli Yerel Seviye Modeli elde edilmektedir.

$$\begin{aligned} y_t &= \mu_t + \lambda_t w_t + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim niid(0, \sigma_\varepsilon^2) \\ \mu_{t+1} &= \mu_t + \xi_t, \quad \xi_t \sim niid(0, \sigma_\xi^2) \\ \lambda_{t+1} &= \lambda_t + \tau_t, \quad \tau_t \sim niid(0, \sigma_\tau^2) \end{aligned} \quad (9)$$

Denklem 8'de yer alan modelde $\sigma_\xi^2 = 0$ ve $\sigma_\tau^2 = 0$ şeklinde durum hata terimi varyanslarının sıfıra eşitlenmesiyle Deterministik Seviye ve Açıklayıcı Değişken Modeli, iki varyansın da değişmesine izin verilmesi durumunda Stokastik Seviye ve Açıklayıcı Değişken Modeli elde edilmektedir. Aynı mantık ile Denklem 9'da yer alan Kukla Değişkenli Yerel Seviye Modelinde yer alan varyanslar, $\sigma_\xi^2 = 0$ ve $\sigma_\rho^2 = 0$ şeklinde sıfıra eşitlendiğinde Deterministik Seviye ve Kukla Değişken Modeli, söz konusu iki varyansın da değişmesine izin verilmesi durumunda ise Stokastik Seviye ve Kukla Değişken Modeli kurulmaktadır. Bu modellerin birleştirilmesi ile de model spesifikasyonu genişletilebilmektedir (Durbin ve Koopman, 2012, s.49-50).

Durum uzayı yöntemleriyle zaman serisi analizinde, durum bileşenleri farklı şekillerde tahmin edilebilmektedir. Bu konuda düzleştirilmiş durum ve tahmin edilmiş durum kavramları önemli olmaktadır. Düzleştirilmiş durum kavramı, tüm gözlemlerinin kullanıldığı durum vektörünün düzleştirilmiş tahminini ifade etmektedir. Tahmin edilen durum ise sadece geçmiş gözlemlere

dayanan tahmini belirtmektedir. Durum tahminleri, hiperparametrelerin² belirli değerlerini ve durum bileşenlerinin belirli başlangıç değerlerini dikkate almaktadır. Durum vektörünün tahminleri, veriler üzerinden iki geçiş yapılarak gerçekleştirilmektedir:

1. İleri Geçiş: Bu adımda gözlemlenen zaman serilerine Kalman filtresi olarak bilinen özyinelemeli bir algoritma uygulanmaktadır.

2. Geri Geçiş: Bu adımda Kalman filtresinin çıktısına durum ve hata düzelticiler olarak bilinen özyinelemeli algoritmalar uygulanmaktadır.

Kalman (1960) filtresi ile ileriye geçiş adımı, tahmin edilen veya filtrelenen durumla ilgili tüm tahminleri sağlamaktadır. Filtreleme durumunda, bu tahminler filtrelenmiş durumu ve filtrelenmiş durum tahmini hata varyanslarını içermektedir. Varyanslar, güven sınırlarının oluşturulması için kullanılmaktadır. Kalman filtresinin temel amacı, yalnızca gözlemlerini dikkate alarak zaman noktasındaki durumun optimal değerlerini elde etmektir. Bu nedenle, tahmin edilen durumun ve bununla ilgili tahminlerin önemli bir özelliği, bunların yalnızca gözlemlenen zaman serilerinin geçmiş değerlerine dayanmasıdır.

Geriye doğru geçiş, yalnızca düzeltilmiş durumlar ve düzeltilmiş hatalar gibi tahminleri elde eden düzeltme için gereklidir. Düzeltme ayrıca düzeltilmiş durum tahmini hata varyanslarını, düzeltilmiş düzensiz bileşeni ve düzeltilmiş durum hatalarını ve bunların varyanslarını üretmektedir. Durum ve hata düzeltilmesinin temel amacı, mevcut tüm gözlemleri göz önünde bulundurarak zaman noktasında durum ve hata vektörlerinin tahmini değerlerini elde etmektir. a_t , t zaman noktasında, Kalman filtresiyle filtrelenmiş durumu ifade ettiğinde özyinelemeli Kalman filtresi güncelleme şemasındaki merkezi formül aşağıda ifade edilmektedir:

$$a_{t+1} = a_t + K_t(y_t - z_t' a_t) \quad (10)$$

Yerel seviye modeli için denklem (10), denklem (11)'ye indirgenmektedir.

$$a_{t+1} = a_t + K_t(y_t - a_t) \quad (11)$$

Yukarıdaki modellerde yer alan K_t , Kalman kazancı olarak adlandırılmaktadır ve Yerel seviye modelinde bir skaler olan (8.6)'daki K_t değeri, tipik olarak, t zaman noktasındaki tahmin hatasının, zaman noktasında (t+1) zaman noktasında durum tahminini ne kadar etkilemesine izin verildiğini belirlemektedir. K_t , P_t/F_t oranına eşittir. P_t , filtrelenmiş durum tahmini hata varyansına eşitken F_t bir adım ileri tahmin hatasının varyansını ifade etmektedir.

Kalman filtresi sürecini t=1980 zaman noktasında ele alındığında, tüm geçmiş gözlemlere $y_{1970}, y_{1971}, \dots, y_{1979}$ dayalı olarak filtrelenmiş seviyenin mevcut değeri a_{1980} olmaktadır. y_{1980} 'nin değerinin bilinmediği varsayıldığında gözlemlenen zaman serileri hakkında bilgi eksikliği olması ve filtrelenmiş durumun değeri a_{1980} 'in değeri geçmiş gözlemlerden öğrenilebilecek her şeyi temsil ettiği için en iyi seçenek, filtrelenmiş durumu değişmeden ileriye taşımak olacaktır. Bu nedenle, yeni verilerin yokluğunda, a_{t+1} zaman noktasındaki filtrelenmiş durumun en iyi tahmini basitçe $a_{t+1} = a_t$ veya örnek durumda $a_{1981} = a_{1980}$ olacaktır. a_{1981} durumu yardımıyla y_{1981} değeri de kolaylıkla hesaplanabilmektedir (Commendeur ve Koopman, 2007, s.84-88).

Bulgular

Çalışmanın Amaç ve Yöntem kısmında belirtilen çalışmanın amacı doğrultusunda kullanılan değişkenler TÜFE, Dolar alış kuru ve Euro alış kuru değişkenleridir. TÜFE değişkeni 2003 yılı bazlı bir endekstir ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nden elde edilmiştir. Dolar alış kuru ve Euro alış kuru değişkenleri ise Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) sitesinden temin edilmiştir. Çalışma 2005M1-2024M9 dönemini kapsamaktadır ve 237 adet gözlem içermektedir. Söz konusu değişkenler doğal logaritmaları alınarak analize dahil edilmişlerdir. Doğal logaritmalarının alınmasında amaç ise değişkenlerin büyüklükleri arasındaki farkı ortadan kaldırmaktır. Bu durum Tablo 1'de görülebilmektedir. Çalışmanın 2005 yılında başlamasının nedeni ise bu yıldan itibaren Türkiye'de enflasyonun stabil bir hale gelerek seri oynaklığının düşmesidir.

Çalışmada metodoloji, Dolar/TL ve Euro/TL değişkenlerinin TÜFE'yi açıklayıp açıklamadığı durumu, Yöntem bölümünde açıklanan Açıklayıcı Değişkenli Yerel Seviye Modeli ve Açıklayıcı ve Kukla Değişkenli Mevsimsel Yerel Seviye Modeli kullanılarak ve bu modeller arasından doğru modelin AIC (Akaike Information Criteria) yardımıyla seçilmesi şeklinde ilerlemektedir. Modelde kukla değişken olarak 2023M1 ve sonraki tarihler için 1, diğer tarihler için 0 değerini alan kukla değişken kullanılmıştır. 2023M1 tarihi değişkenlerin anlamlılığı ve AIC değerinin minimize edilmesi gözetilerek seçilen bir tarihtir. Model sonuçları, Tablolar ve Şekiller bölümünde yer alan Tablo 2 ve Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 2 ve Tablo 3'te açıklandığı üzere, TÜFE-Dolar/TL ilişkisini açıklamak amacıyla Deterministik Seviye ve Açıklayıcı Değişken Modeli, Stokastik Seviye ve Açıklayıcı Değişken Modeli, Deterministik Seviye ve Açıklayıcı Değişken-Kukla Değişken

² Durum Uzayı Modellerinde durum denklemlerinin kalıntılarının standart hataları hiperparametre olarak adlandırılmaktadır.

Modeli ve Stokastik Seviye ve Açıklayıcı Değişken-Kukla Değişken Modeli şeklinde 4 farklı model kullanılmıştır. Aynı şekilde, TÜFE-Euro/TL ilişkisini açıklamak amacıyla da söz konusu 4 farklı model kullanılmıştır. Her iki model grubunda da açıklayıcı ve kukla değişkeni aynı anda içeren modeller sadece açıklayıcı değişkeni içeren modellere göre daha iyi performans göstermiştir. Bununla birlikte stokastik modellerin deterministik modellere göre TÜFE'yi açıklamakta daha başarılı olduğu gözlemlenmektedir. Son olarak Stokastik Seviye ve Açıklayıcı Değişken Modellerine Dolar/TL ve Euro/TL üzerinden bir kıyaslama yapılırsa Euro/TL'nin Dolar/TL'ye göre TÜFE'yi daha başarılı bir şekilde açıkladığı söylenebilmektedir.

Durum Uzayı Modellerinde β_1 katsayısının yorumu klasik regresyon modellerinde olduğu gibi yapılmaktadır. Bu doğrultuda, Dolar/TL değişkeni %1 arttığında TÜFE'nin %0.1752 arttığı, Euro/TL değişkeninin %1 arttığında TÜFE'nin %0.1768 arttığı söylenebilmektedir. İlgili dönemde Dolar/TL ve Euro/TL değişkenlerinin TÜFE'yi hemen hemen aynı oranda etkilediği görülmektedir. Tam logaritmik modellerde açıklayıcı değişkenin önündeki katsayı esnekliği vermektedir (Tari ve ark., 2019, s.147) Buna göre TÜFE'nin Dolar/TL ve Euro/TL değişkenlerine göre esneklikleri sırasıyla %0.1752 ve %0.1768'dir. Esneklikler 1'den küçük olduğu için TÜFE'nin Dolar/TL ve Euro/TL değişkenlerine göre esnek olmadığı söylenebilmektedir.

λ_1 parametresinin yorumu ise bağımlı değişkenin logaritmik olmasından dolayı $e^{-\lambda_1 - 1}$ formülü yardımıyla yapılmaktadır (Com-mendeur ve Koopman, 2007, s.65). Buna göre TÜFE-Dolar/TL modeli için $e^{-0.0^{44768488}} - 1 = -0.0^{4378}$ ve TÜFE-Euro/TL için $e^{-0.0^{44731811}} - 1 = -0.0^{4375}$ olarak hesaplanmıştır. Buna göre TÜFE-Dolar/TL modeli için Türkiye'de yurtiçi fiyatları, 2023:M1 ve sonrası için diğer tarihlere göre %0.04378 daha azdır. TÜFE-Euro/TL modeli için Türkiye'de yurtiçi fiyatları, 2023:M1 ve sonrası için diğer tarihlere göre %0.04375 daha azdır.

Tartışma ve Sonuç

Model sonuçlarına göre, Türkiye ekonomisinde Dolar/TL ve Euro/TL değişkenlerinin yurt içi fiyatları pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Bu bulgu, literatürdeki birçok çalışma ile uyum göstermekte olup (Akgül ve Özdemir (2018), Altuntaş ve ark. (2021), Bozkurt (2021), Aytekin ve ark. (2023), Altıntaş (2024), Sözen ve ark. (2024),) özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için beklenen bir sonuç olarak öne çıkmaktadır. Türkiye'nin üretiminin ithalata bağımlı olması bu durumu açıklamaktadır. Bir ülkede ithal malların yoğun olarak kullanılması, yurtiçi fiyatlarını döviz kurundaki dalgalanmalara oldukça duyarlı hale getirmektedir. Ayrıca özellikle 2008 küresel krizi sonrası, Türkiye'nin ticaret partnerlerinin ekonomileri dalgalanmış ve üretim maliyetleri artmıştır. Bunun sonucunda enflasyon kayda değer bir şekilde hissedilmiştir. Söz konusu ülkelerde meydana gelen enflasyon ithalat üzerinden Türkiye'yi de etkilemiştir.

Türkiye'nin de dahil olduğu gelişmekte olan ülke ekonomilerinin en belirgin özelliği, üretimlerinin hammadde ve yarı mamul bakımından dışa bağımlı olmalarıdır. Bu durum, söz konusu ülke ekonomilerinin enflasyon ithal etmesine yol açmaktadır. Bu etki iki yolla ortaya çıkmaktadır. Bunlardan ilki döviz kurlarının oynaklığıdır. Yerel para birimi döviz kurları karşısında değer kaybettiğinde ithal malları daha yüksek bir fiyattan temin edilecektir. Bu da ülkedeki enflasyonu artıracaktır. Diğeri ise ticaret yapılan ülkenin enflasyon oranının artmasıdır. Bu enflasyon ülke ekonomisine ithalat yoluyla ayrıca yansiyacaktır. Dolayısıyla bu durum gelişmekte olan ülke ekonomilerini iki farklı yoldan etkileyecektir.

Bu çalışmada Türkiye'de Dolar/TL ve Euro/TL değişkenlerinin yurt içi fiyatlara olan etkisi 2005M1-2024M9 dönemi için Durum Uzayı yöntemleriyle modellenerek araştırılmıştır. Yöntem bölümünde, Durum Uzayı Modellerinin temel bir sınıflandırılması yapılmış, modelleme teknikleri ve tahmin yöntemleri bilgisi aktarılmıştır. TÜFE-Dolar/TL ve TÜFE-Euro/TL modelleri, Açıklayıcı Değişkenli Durum Uzayı Modelleri ve Açıklayıcı ve Kukla Değişkenli Durum Uzayı Modelleri ile ayrı ayrı modellenmiştir. İki farklı değişkenle kurulan model için de Stokastik Seviye Açıklayıcı Değişken-Kukla Değişken modeli en iyi model olarak seçilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre, Dolar/TL değişkeninin %1 artması, TÜFE'yi %0.1752 oranında artırmaktadır. Euro/TL değişkeninin %1 artması ise TÜFE'yi %0.1768 oranında artırmaktadır. Euro/TL değişkeninin yurt içi fiyatlarının daha çok artırımının sebebi olarak Türkiye'nin ticaret ortaklarının büyük bir çoğunluğunun Euro kullanan ülkeler olması sebebiyle olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca analiz sonucunda elde edilen bu yüzdelik değerler esneklikleri vermektedir. Buna göre TÜFE'nin Dolar/TL karşısındaki esnekliği %0.1752, Euro/TL karşısındaki esnekliği %0.1768'dir. Bu esneklik katsayılarının birden küçük olması TÜFE'nin Dolar/TL ve Euro/TL değişkenlerine karşı esnek olmadığı yani TÜFE'nin Dolar/TL ve Euro/TL değişkenlerinin dalgalanmalarına karşı daha az tepki verdiği sonucunu ortaya çıkmaktadır. Modele kukla değişken eklenmesi Türkiye'nin yurt içi fiyatlarının iki dönem boyunca karşılaştırılmasının yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu doğrultuda TÜFE-Dolar/TL modeli için, 2023 Ocak ayı ve sonrası dönemde diğer dönemlere göre yurt içi fiyatlarının %0.04378 daha az olduğu tespit edilmiştir. Benzer olarak, TÜFE-Euro/TL modeli için 2023 Ocak ayı ve sonrası dönemde diğer dönemlere göre yurt içi fiyatları %0.04375 daha azdır. Bu durum, 2023 Ocak ayı ve sonrasında yaşanan gelişmelerin ve değişen politikaların Türkiye'nin yurt içi fiyatlarını düşürdüğünü göstermektedir.

Halihazırda enflasyonla mücadele eden bir ülke olan Türkiye'nin Dolar ve Euro kuru gibi dış şoklara daha az duyarlı olmasının

yolu ithal mallara olan talebin mümkün olduğunca azaltılmasıdır. Yerli üretimi teşvik etmek, ihracatı artırmak, girişimciliği ve yerli tarımı teşvik etmek Türkiye'nin Dolar ve Euro'ya karşı hassasiyetini azaltacak ve enflasyonun azaltılmasına katkıda bulunacaktır.

Tablo 1. Tanımlayıcı İstatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	Değişkenler					
	TÜFE	Dolar/T L	Euro/T L	Logaritmik TÜFE	Logaritmik Dolar/TL	Logaritmik Euro/TL
Gözlem Sayısı	237	237	237	237	237	237
Ortalama	433.71	5.88	6.66	5.70	1.21	1.41
En Büyük Değer	2526.16	33.97	37.72	7.83	3.53	3.63
En Küçük Değer	114.49	1.17	1.58	4.74	0.16	0.46
Standart Sapma	493.13	7.80	8.32	0.76	0.96	0.89
Jarque ve Bera (1987)	637.86	369.35	387.29	50.10	37.16	43.33
Jarque ve Bera (1987) Olasılık	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 2. Açıklayıcı Değişken ile Kurulan Durum Uzay Modelleri

Dolar Kuru					
Deterministik Seviye ve Açıklayıcı Değişken Modeli					
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık	
$\hat{\sigma}_e^2$	0.0151468130	0.0013939158	10.86638	0.00000000	
β_1	0.7843041506	0.0083104060	94.37615	0.00000000	
İterasyon Sayısı	2	AIC	-1.306	Log Likelihood	156.8123
Stokastik Seviye ve Açıklayıcı Değişken Modeli					
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık	
$\hat{\sigma}_e^2$	-0.000146922	0.000016257	-9.03739	0.00000000	
$\hat{\sigma}_\epsilon^2$	0.000608764	0.000063779	9.54486	0.00000000	
β_1	0.173146651	0.025120055	6.89277	0.00000000	
İterasyon Sayısı	36	AIC	-5.560	Log Likelihood	661.8056
Euro Kuru					
Deterministik Seviye ve Açıklayıcı Değişken Modeli					
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık	
$\hat{\sigma}_e^2$	0.0125559905	0.0011564555	10.85730	0.00000000	
β_1	0.8543680032	0.0082226217	103.90457	0.00000000	
İterasyon Sayısı	2	AIC	-1.492	Log Likelihood	178.9482
Stokastik Seviye ve Açıklayıcı Değişken Modeli					
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık	
$\hat{\sigma}_e^2$	-0.000147324	0.000015347	-9.59941	0.00000000	
$\hat{\sigma}_\epsilon^2$	0.000608153	0.000059995	10.13672	0.00000000	
β_1	0.174076717	0.024448455	7.12015	0.00000000	
İterasyon Sayısı	28	AIC	-5.577	Log Likelihood	663.8990

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkısı: Çalışma Konsepti/Tasarımı: F.C.B., S.K.; Veri Toplama: F.C.B., S.K.; Veri Analizi /Yorumlama: F.C.B., S.K.; Yazı Taslağı: F.C.B., S.K.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: F.C.B., S.K.; Son Onay ve Sorumluluk: F.C.B., S.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: F.C.B., S.K.; Data Acquisition: F.C.B., S.K.; Data Analysis/Interpretation: F.C.B., S.K.; Drafting Manuscript: F.C.B., S.K.; Critical Revision of Manuscript: F.C.B., S.K.; Final Approval and Accountability: F.C.B., S.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.

Tablo 3. Açıklayıcı ve Kukla Değişken ile Kurulan Durum Uzay Modelleri

Dolar Kuru					
Deterministik Seviye ve Açıklayıcı Değişken-Kukla Değişken Modeli					
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık	
$\hat{\sigma}_e^2$	0.0115206230	0.0010615639	10.85250	0.00000000	
β_1	0.7269914343	0.0072472187	100.31316	0.00000000	
λ_1	0.2867084812	0.0244829070	11.71056	0.00000000	
İterasyon Sayısı	2	AIC	-1.570	Log Likelihood	189.1032
Stokastik Seviye ve Açıklayıcı Değişken-Kukla Değişken Modeli					
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık	
$\hat{\sigma}_e^2$	-0.000139325	0.000015209	-9.16043	0.00000000	
$\hat{\sigma}_\varepsilon^2$	0.000574361	0.000060194	9.54179	0.00000000	
β_1	0.175231434	0.024840754	7.05419	0.00000000	
λ_1	0.044768488	0.010178600	4.39830	0.00001091	
İterasyon Sayısı	37	AIC	-5.632	Log Likelihood	671.3849
Euro Kuru					
Deterministik Seviye ve Açıklayıcı Değişken-Kukla Değişken Modeli					
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık	
$\hat{\sigma}_e^2$	0.0106525034	0.0009819997	10.84777	0.00000000	
β_1	0.8072777507	0.0075738390	106.58766	0.00000000	
λ_1	0.2118861419	0.0235426941	9.00008	0.00000000	
İterasyon Sayısı	2	AIC	-1.649	Log Likelihood	198.3478
Stokastik Seviye ve Açıklayıcı Değişken-Kukla Değişken Modeli					
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık	
$\hat{\sigma}_e^2$	-0.000140816	0.000014244	-9.88612	0.00000000	
$\hat{\sigma}_\varepsilon^2$	0.000577170	0.000056256	10.25967	0.00000000	
β_1	0.176817698	0.018447220	9.58506	0.00000000	
λ_1	0.044731811	0.009471983	4.72254	0.00000233	
İterasyon Sayısı	29	AIC	-5.656	Log Likelihood	674.2435

ORCID:

Fikriye Ceren Bostancı 0000-0001-8291-062X

Selçuk Koç 0000-0001-7451-2699

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716-723.
- Akgül, I., & Özdemir, S. (2018). Enflasyon-faiz oranı ve enflasyon-döviz kuru ikilemi: GEG programı döneminde Türkiye gerçeği. *Ege Akademik Bakış*, 18(1), 153-166.
- Altıntaş, H. (2024). Türkiye'de döviz kurunun tüketici fiyatları üzerine geçiş etkisi: ARDL ve NARDL yaklaşımından kanıtlar. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(67), 1-13. <https://doi.org/10.18070/erciyesiibd.1377410>.
- Altıntaş, M., Pazarcı, Ş., & Kılıç, E. (2021). Türkiye'de döviz kuru geçiş etkisinin incelenmesi: Dönemler arası bir karşılaştırma. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 7(43), 1453-1460.
- Amitrano, A., De Grauwe, P., & Tullio, G. (1997). Why has inflation remained so low after the large exchange rate depreciations of 1992? *JCMS: Journal of Common Market Studies*, 35(3), 329-346.
- Aytekin, İ., Bayraktar, S., & Aksoy, E. (2023). Türkiye'de döviz kuru ile enflasyon arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkinin incelenmesi. *Journal of Economic Policy Researches*, 10(1), 87-112. <https://doi.org/10.26650/JEPR1114402>.
- Bozkurt, H. (2021). Türkiye'de para politikası-döviz kuru-enflasyon ilişkisinin ampirik analizi. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 11(3), 981-994. <https://doi.org/10.48146/odusobiad.1000589>
- Commandeur, J. J. F., & Koopman, S. J. (2007). *An introduction to state space time series analysis*. Oxford University Press.
- Diks, C., & Panchenko, V. (2006). A new statistic and practical guidelines for nonparametric Granger causality testing. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 30(9), 1647-1669.
- Durbin, J., & Koopman, S. J. (2012). *Time series analysis by state space methods* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438.
- Harvey, A. C. (1989). *Forecasting, structural time series models and the Kalman filter*. Cambridge University Press.
- Hooper, P., & Mann, C. (1989). Exchange rate pass-through in the 1980s: The case of US imports of manufactures. *Brookings Papers on*

- Economic Activity*, (1), 297–337.
- Jarque, C. M., & Bera, A. K. (1987). A test for normality of observations and regression residuals. *International Statistical Review*, 55(2), 163–172.
- Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. *Transactions of the ASME—Journal of Basic Engineering*, 82(1), 35–45.
- Kim, C. J., & Nelson, C. R. (2017). *State-space models with regime switching: Classical and Gibbs-sampling approaches with applications*. MIT Press.
- Koç, S., & Abasız, T. (2012). Türkiye ve seçili AB ülkeleri açısından enflasyon sürekliliğinin analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 13(1), 102–113.
- Mankiw, N. G. (2001). *Principles of economics* (2nd ed.). South-Western College Pub.
- Mergner, S. (2009). *Applications of state space models in finance: An empirical analysis of the time-varying relationship between macroeconomics, fundamentals and Pan-European industry portfolios*. Universitätsverlag Göttingen.
- Pesaran, M. H., & Shin, Y. (1998). An autoregressive distributed-lag modelling approach to cointegration analysis. *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century*, 371–413.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326.
- Shin, Y., Yu, B., & Greenwood-Nimmo, M. (2014). Modelling asymmetric cointegration and dynamic multipliers in a nonlinear ARDL framework. In R. C. Sickles & W. C. Horrace (Eds.), *Festschrift in honor of Peter Schmidt: Econometric methods and applications* (pp. 281–314). New York, NY: Springer.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica*, 48(1), 1–48.
- Sözen, Ç., Şeyranlıoğlu, O., & İspiroğlu, F. (2024). Causality analysis between BIST-100, investor risk appetite, exchange rate, inflation, and interest rate in Türkiye economy. *Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi*, 8(2), 24–37.
- Tarı, R., Koç, S., & Abasız, T. (2019). *Ekonometri* (14. baskı). Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66(1–2), 225–250.
- Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası [TCMB] EVDS. (2024). *Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Elektronik Veri Dağıtım Sistemi piyasa verileri*. <https://evds2.tcmb.gov.tr>.
- Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK]. (2024). *Enflasyon ve Fiyat İstatistikler*. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr>.

Atıf Biçimi / How cite this article

Bostancı, F.C., & Koç, S. (2024). Evaluation of Türkiye's domestic prices and exchange rate relationship with state space models. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 41, 161–171. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.41.1576282>