A scenic view of a cable-stayed bridge over a river with autumn foliage. The bridge has a tall, white, A-frame pylon and numerous stay cables. The river is clear and blue, reflecting the sky. The banks are covered in trees with yellow and orange autumn leaves. In the background, there are mountains and a building.

**22ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM  
ON  
ECONOMETRICS, OPERATIONS RESEARCH AND STATISTICS**

**BOOK  
OF  
ABSTRACTS &  
PROCEEDINGS**

**SEPTEMBER 24-26, 2025  
PODGORICA, MONTENEGRO**

## **BOOK OF ABSTRACTS AND PROCEEDINGS**

### **Editors:**

Mahmut ZORTUK

Semih KARACAN

Seyhat BAYRAK GEZDİM

*September 24-26, 2025*

*Potgorica/Montenegro*

**ISBN:**

**Printing House:**

**Available Online:**

Reproduction of this publication for educational or other non-commercial purposes is authorized without prior permission from the copyright holder. Reproduction for resale or other commercial purposes prohibited without prior written permission of the copyright holder.

**2025**

## **Organization Committee**

### **Members of the Committee**

Prof.Dr. Süleyman KIZILTOPRAK (Honorary Chair of Conference, Rector)

Prof.Dr. Mahmut ZORTUK (Coordinator of Conference)

Asist. Prof.Dr. Seyhat BAYRAK GEZDİM (Co-Coordinator of Conference)

Asist.Prof.Dr. Semih KARACAN (Co-Coordinator of Conference)

Prof.Dr. Sema BEHDİOĞLU

Prof.Dr. Eylem ACAR

Prof.Dr. Noyan AYDIN

Prof.Dr. Erkan ARI

Assoc.Prof. H.Arda BURHAN

Asist.Prof.Dr. Ayşegül YILDIZ

Asist.Prof.Dr. Neslihan ÇİLESİZ

Asist.Prof.Dr. Erkan AĞASLAN

### **Secretariat of Committee**

Alma LIGATA

Mahira CAUSEVIC

Anes BEKRIC

## Scientific Committee

Prof.Dr. Hilal Yıldız	Sakarya Üniversitesi
Prof.Dr. Nesrin Güler	Sakarya Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Gökçe Candan	Sakarya Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Mücahit Aydın	Sakarya Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Avni Önder Hanedar	Sakarya Üniversitesi
Prof.Dr. Ali Kemal Şehirlioğlu	Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof.Dr. İpek Deveci Kocakoç	Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof.Dr. Rabia Ece Omay	Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof.Dr. Şenay Üçdoğruk Birecikli	Dokuz Eylül Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Emrah Gülay	Dokuz Eylül Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Hamdi Emeç	Dokuz Eylül Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. İstem Köymen	Dokuz Eylül Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Murat Tank	Dokuz Eylül Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Serkan Aras	Dokuz Eylül Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Özlem Kiren Gürler	Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof.Dr. Fevzi Erdoğan	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Prof.Dr. Halit Eray Çelik	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Prof.Dr. Mahmut Kara	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Muhammed Hanifi Van	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Muhammet Sait Talha Arslan	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Şakir İşleyen	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Yildirim Demir	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Prof.Dr. Abdulkerim Karaaslan	Atatürk Üniversitesi
Prof.Dr. Cavit Yeşilyurt	Atatürk Üniversitesi
Prof.Dr. Erkan Oktay	Atatürk Üniversitesi
Prof.Dr. Hüseyin Özer	Atatürk Üniversitesi

Prof.Dr. Mehmet Suphi Özçomak	Atatürk Üniversitesi
Prof.Dr. Ömer Alkan	Atatürk Üniversitesi
Prof.Dr. Ömer Yılmaz	Atatürk Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Hakan Eygü	Atatürk Üniversitesi
Prof.Dr. Latif Öztürk	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof.Dr. Alpaslan Akçoraoglu	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof.Dr. Atilla Gökçe	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof.Dr. Funda Yurdakul	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof.Dr. Furkan Emirmahmutoglu	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof.Dr. Murat Atan	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof.Dr. Nükhet Doğan	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof.Dr. Seher Nur Sülkü	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof.Dr. Sibel Atan	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof.Dr. Şenol Altan	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof.Dr. Yeliz Yalçın	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Ceren Yaman Yılmaz	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Hasan Türe	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Şahika Gökmen	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Yağmur Tokathoğlu	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Gökçen Altun	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Prof.Dr. Nihat Işık	Kırıkkale Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Efe Can Kılınç	Kırıkkale Üniversitesi
Prof.Dr. Ebru Özgür Güler	Çukurova Üniversitesi
Prof.Dr. Ersin Kırıl	Çukurova Üniversitesi
Prof.Dr. Gülsen Kırıl	Çukurova Üniversitesi
Prof.Dr. Hüseyin Güler	Çukurova Üniversitesi
Prof.Dr. Kenan Lopcu	Çukurova Üniversitesi

Prof.Dr. Mehmet Özmen	Çukurova Üniversitesi
Prof.Dr. Seda Şengül	Çukurova Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Çiler Sigeze Güney	Çukurova Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Halil İbrahim Keskin	Çukurova Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Sera Şanlı	Çukurova Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Semin Topaloğlu Paksoy	Çukurova Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Sibel Örk Özel	Çukurova Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Atalay Çağlar	Pamukkale Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Ferda Esin Gülel	Pamukkale Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Sinem Güler Kangallı Uyar	Pamukkale Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Aygül Anavatan	Pamukkale Üniversitesi
Prof.Dr. Mustafa Köseoğlu	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof.Dr. Rahmi Yamak	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof.Dr. Tuba Yakici Ayan	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof.Dr. Zehra Abdioğlu	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Sinem Koçak	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof.Dr. Emre İpekçi Çetin	Akdeniz Üniversitesi
Prof.Dr. Mehmet Mert	Akdeniz Üniversitesi
Prof.Dr. Pinar Kaya Samut	Akdeniz Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Mehmet Zambak	Akdeniz Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Çiğdem Demir Toker	Akdeniz Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Elvan Hayat	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Hatice Akdağ	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Tuğba Akın	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Anil Eralp	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Gökhan Konat	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Prof.Dr. Ali Karun Nemlioğlu	İstanbul Üniversitesi

Prof.Dr. Burak Güriş	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Burcu Kıran Baygın	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Ercan Sarıdoğan	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Ferda Yerdelen Tatoğlu	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Handan Yolsal	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Kutluk Kağan Sümer	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Mehmet Hakan Satman	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Melda Akın	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Mustafa Tekin	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Nilgün Çil	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Özlem Yorulmaz	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Sema Ulutürk Akman	İstanbul Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Aycan Hepsağ	İstanbul Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Hakan Bektaş	İstanbul Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Leyla Aylin Aktükün	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Metehan Yılgör	Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi
Prof.Dr. Necla Tektaş	Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Özlem Kızılgöl	Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi
Prof.Dr. Bahadır Yüzbaşı	İnönü Üniversitesi
Prof.Dr. Fatma Zeren	İnönü Üniversitesi
Prof.Dr. Mehmet Güngör	İnönü Üniversitesi
Prof.Dr. Yunus Bulut	İnönü Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Esra Canpolat Gökçe	İnönü Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Hasan Söyler	İnönü Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Levent Kaya	Harran Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Zerife Yildirim	Harran Üniversitesi
Prof.Dr. Hakan Demirgil	Süleyman Demirel Üniversitesi

Prof.Dr. Kenan Oğuzhan Oruç	Süleyman Demirel Üniversitesi
Prof.Dr. Murat Karaöz	Süleyman Demirel Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Harun Sulak	Süleyman Demirel Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Fatih Demir	Süleyman Demirel Üniversitesi
Prof.Dr. Serdar Kurt	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Mesut Savrul	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Merve Ertok Onurlu	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Prof.Dr. Ahmet Mete Çilingirtürk	Marmara Üniversitesi
Prof.Dr. Dilek Altaş Karaca	Marmara Üniversitesi
Prof.Dr. Ebru Çağlayan Akay	Marmara Üniversitesi
Prof.Dr. İlknur Esen Yıldırım	Marmara Üniversitesi
Prof.Dr. Özlem Taşseven	Marmara Üniversitesi
Prof.Dr. Sait Erdal Dinçer	Marmara Üniversitesi
Prof.Dr. Selay Giray Yakut	Marmara Üniversitesi
Prof.Dr. Selin Devrim Özdemir Yazgan	Marmara Üniversitesi
Prof.Dr. Tuncay Can	Marmara Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Naciye Tuba Yılmaz	Marmara Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Nazan Şak	Marmara Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Özlem Ergüt	Marmara Üniversitesi
Prof.Dr. Doğan Uysal	Manisa Celâl Bayar Üniversitesi
Prof.Dr. Sibel Selim	Manisa Celâl Bayar Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Kadir Karagöz	Manisa Celâl Bayar Üniversitesi
Prof.Dr. Arzu Eren Şenaras	Bursa Uludağ Üniversitesi
Prof.Dr. Ayşe Oğuzlar	Bursa Uludağ Üniversitesi
Prof.Dr. Erkan Işığışok	Bursa Uludağ Üniversitesi
Prof.Dr. Kadir Yasin Eryiğit	Bursa Uludağ Üniversitesi
Prof.Dr. Mehmet Çınar	Bursa Uludağ Üniversitesi

Prof.Dr. Mustafa Sevüktekin	Bursa Uludağ Üniversitesi
Prof.Dr. Nuran Bayram Arlı	Bursa Uludağ Üniversitesi
Prof.Dr. Özer Arabacı	Bursa Uludağ Üniversitesi
Prof.Dr. Sevda Gürsakal	Bursa Uludağ Üniversitesi
Prof.Dr. Zehra Berna Aydın	Bursa Uludağ Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Dilek Murat	Bursa Uludağ Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Selim Tüzüntürk	Bursa Uludağ Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Vesile Sinem Arıkan Kargı	Bursa Uludağ Üniversitesi
Prof.Dr. Ahmet Şengönül	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Prof.Dr. Hakan Türkay	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Prof.Dr. Necati Alp Erilli	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Prof.Dr. Süleyman Değirmen	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Prof.Dr. Ziya Gökâlöp Göktolga	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Engin Karakış	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr. Şebnem Zorlutuna	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Prof.Dr. Fatih Ecer	Afyon Kocatepe Üniversitesi

\*The latest version of referees list will be determined after the conference.

## **Topic of the Conference**

### **Operations Research**

Information Technology Management

Logistics

Operations Management

Technology & Innovation

Operations Research

Survey Data

And all related studies.

### **Econometrics And Applied Economics**

Industrialization

Financial Economics

Energy Economics

Development Economics

Emerging Markets

Quantitative Methods & Game theory

Applied Econometrics

Economic Geography

And all related studies.

### **Statistics**

All theoretical and applied statistical studies applied in the field of economics and business.

\* Subjects relevant to above mentioned topics will also be evaluated.



22nd International  
Symposium on  
Econometrics, Operations  
Research, and Statistics

22. Uluslararası Ekonometri,  
Yöneylem Araştırması ve İstatistik  
Sempozyumu

24-26 Eylül Potgorica-Montenegro

09:00		Registration	
09:00-09:40		Speeches by Invited Speakers and Opening Presentation by Erkan İŞİĞİÇOK , ATILLA GÖKÇE, IVANA KATNIÇ	
09:40-10:00		Coffee Break	
10:00-11:30	Session 1	Çağın KARUL	Econometrics
		Zerife YILDIRIM, Emine YÖNEY, Ebru BİLGİN	Econometrics
		Özgür ENGELÖĞLU	Econometrics
		Ahmet KONCAK, Erdal BERK	Econometrics
		Hasan MURAT ERTUĞRUL, Burçhan SAKARYA, Onur POLAT	Econometrics
11:30-12:30		Lunch Break	
12:30-14:00	Session 2	Melis KAVAKLI, Kadir Yasin ERYİĞİT	Econometrics
		Selçuk KOÇ, Seda ERTÜRK	Econometrics
		Oktay KIZILKAYA, Gökhan KONAT, Fatma KIZILKAYA, Ayşegül HAN	Ekonometri
		Sıdıka BAŞÇI, Kayla SHEVADENA	Econometrics
		Serkan SAMUT, Murat Can GENÇ	Econometrics
14:00-14:20		Coffee Break	
14:20-15:50	Session 3	Seda ERTÜRK, Selçuk KOÇ	Econometrics
		Erkan AĞASLAN, Atilla GÖKÇE, Hasan TÜRE	Ekonometri
		Nazrin Gurban BURJALIYEVA	Econometrics
		Semih KARACAN	Econometrics
		Berke KAYGISIZ, Yeliz Mert KANTAR	Statistics
15:50-16:10		Coffee Break	
16:10-17:40	Session 4	Fatma ZEREN , Tuğba Erdem ALADAĞ , Osman PEKER	Statistics
		Onur BARCA , Mine Aydemir DEV, Nuran Bayram ARLI	İstatistik
		Yossi HADAD, Baruch KEREN	Operational Research
		Ceren Dirik AYVAZ	Operational Research
		Baruch KEREN, Yossi HADAD	Operational Research



22nd International  
Symposium on  
Econometrics, Operations  
Research, and Statistics

22. Uluslararası Ekonometri,  
Yönelem Araştırması ve İstatistik  
Sempozyumu

24-26 Eylül Potgorica-Montenegro

17:40-continue	Online presantation	Nazmiye TEKDEMİR, Abdulkadir BULUT	Econometrics
		Verda Davasligil ATMACA	Econometrics
		Çetin GÖRÜR	Econometrics
		Nurdan DEĞİRMENÇİ, Tuba Yakıcı AYAN	Econometrics
		Süreyya İmre BIYIKLI	Econometrics
		Rüya KARCI, Asiye TÛTÛNCÛ	Econometrics
		Sinem Güler Kangallı UYAR	Econometrics
		Zeynep ŞENGÛL, Ebru Çağlayan AKAY	Ekonometri
		Sümeyye Rafia YILDIZ, Murat ATAN	Ekonometri
		Ayşegül AYYILDIZ, Sümeyye Rafia YILDIZ, Murat ATAN	Ekonometri
		Merve GÖKDAĞ, Merve Ertok ONURLU	Ekonometri
		Mehmet Kenan TERZİOĞLU, Mehmet Ali YÛCEL	Ekonometri
		Süreyya TEMELLİ	Ekonometri
		Özge Dinç CAVLAK	Statistics
		Ayşegül YILDIZ	Statistics
		Esmâ BİRİŞÇİ, Ramazan ÖZ	Statistics
		Bilge Kağan ÖZBAY, Berker DAL, Sinem Güler Kangallı UYAR	Statistics
		Hasan SÖYLER, Mustafa GÖKÇE	Statistics
		Fulden KÖMÛRYAKAN	İstatistik
		Derya TOPDAĞ	İstatistik
		Ebru Çağlayan AKAY, Filiz Çakir ZEYTİNOĞLU, Özlem ERGÛT, Zamira OSKONBAEY	İstatistik
		Esmâ BİRİŞÇİ	Operational Research
		Suzan Kantarcı SAVAŞ	Operational Research
		Nassima BAYARASSOU	Statistics
		Mehmet Kenan TERZİOĞLU, Aysu YAŞAR	Operational Research

## **PREFACE**

Dear Colleagues,

We are pleased to welcome you to the 22nd International Symposium on Econometrics, Operations Research and Statistics, which will be organized by Kütahya Dumlupınar University at Ramada Hotel in Podgorica, Montenegro, from 24 to 28 September 2025. EYI'2025 is dedicated to fostering the exchange of knowledge, innovative ideas, and discussions on the latest advancements in the fields of Econometrics, Statistics and Operations Research and related topics. This conference will provide a valuable platform for esteemed academicians, scholars, and researchers to connect, collaborate, and interact with peers from both national and international arenas.

Prof. Dr. Mahmut ZORTUK

# **ABSTRACTS**

### 3. Güz Yaklaşımı ve Esmer 5'li ile İstatistiksel Veri Analizi ve 6 Sigma

Erkan İŞİĞİÇOK (Corresponding Author)<sup>1</sup>

(Açılış Sunumu)

Acımasız rekabet koşullarının yaşandığı iş dünyasında karar vermek için farklı bir bakış açısına ihtiyaç vardır. Bu bakış açısı, firmaların rakiplerine karşı avantaj sağlamalıdır. Bu amaçla, firmaların alacakları kararları çağımızın petrolü olarak adlandırılan verilere dayandırmaları gerekir. Güvenilir verilere dayandırılarak alınacak kararların da güvenilir olacağı ve karar vericilerin etkinliğini artıracacağı açıktır. Diğer taraftan, verilerin analiz edilmesinde uygun istatistiksel tekniklerin kullanılması da son derece önemlidir. Diğer bir deyişle, her verinin yapısına ve araştırmanın amacına uygun istatistiksel tekniğin seçilmesi çok önemlidir. Bir diğer önemli konu da istatistiksel paket programı veya yazılımının seçimidir. Her yazılım araştırmasının istediği analizleri yapmamakta, hatta aynı analizler için farklı programların kullandıkları formüller ve/veya algoritmalar nedeniyle, elde edilen sonuçlar da farklı çıkabilmektedir. Söz konusu yazılımların 5'inin birleşimi olan ESMER 5'li kullanılabilir. Burada esmer kavramının bir anlamı olmayıp sadece hatırlanması kolay olacak şekilde programların dizilişini ifade etmektedir. O halde, ESMER 5'li sırasıyla Excel, SPSS, Minitab, Eviews ve R programlarına karşı gelmektedir. Sempozyum açılış konuşmasında yapılacak olan bu sunum, genç akademisyenlere istatistiksel bakış açısını kazandırmanın ve üçüncü göz yaklaşımına ilişkin istatistiksel program uygulama örneklerinin yanısıra, uluslararası yayın üretme açısından genç akademisyenlere farklı bir bakış açısını da kazandırmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, öncelikle söz konusu istatistiksel programların her birinden seçilecek bazı uygulamalar yapılarak üçüncü göz istatistik ve 6 sigma bağlantısı kurulacak ve bu programların teknik özellikleri ve üstünlükleri karşılaştırılacaktır. Daha sonra, uluslararası yayın üretmede üçüncü göz istatistik yaklaşımının nasıl kullanılacağı irdelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Üçüncü göz istatistik, altı sigma, Excel, SPSS, Minitab, Eviews, R.

1. eris@uludag.edu.tr, Bursa Uludağ University

## Understanding Career Decision-Making Difficulties Using Machine Learning Based Algorithms

Onur BARCA (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Mine Aydemir DEV<sup>2</sup>, Nuran Bayram ARLI<sup>3</sup>

Making a career decision is an important and challenging process for many people. University students, in particular, face various difficulties when making career decisions. The impact of wrong career choices can extend to students' work environments and relationships with important people in their social circles, making this process stressful. Overcoming these difficulties is an important starting point in career planning for university students. This study aims to determine whether university students experience difficulties when making career decisions. The study analysed psychological and cognitive factors, considering personality traits, decision-making styles, and career decision-making difficulties. The Python programming language was used for data analysis, and 14 different machine learning classification algorithms. In the analysis, the logistic regression model, which demonstrated high accuracy, AUC, F1, and MCC values in both the training and test data sets, was identified as having the best classification performance. Furthermore, the features that stood out in the logistic regression model according to variable importance were identified as lack of information, inconsistent information, responsibility, and spontaneity. The findings reveal that the difficulties in the career decision-making process are primarily determined by cognitive factors, while decision-making styles and personality traits play a secondary role. The results obtained indicate that initiatives aimed at increasing cognitive awareness and supporting decision-making skills should be prioritised in career counselling and guidance practices.

**Keywords:** Machine learning algorithms, career decision-making difficulties, personality traits, decision-making styles

**Support / sponsor note:** This study was supported by the Scientific Research Projects Unit of Bursa Uludağ University (Project Number: SGA-2025-2028).

1. onurbarca@uludag.edu.tr, Bursa Uludag University

2. mineaydemir@uludag.edu.tr, Bursa uludag University

3. nuranb@uludag.edu.tr, Bursa Uludag University

## When She Earns More: Gender Identity and Marriage Rates in Türkiye

Fulden KOMURYAKAN (Corresponding Author)<sup>1</sup>

Understanding how gender identity, as reflected in relative economic outcomes, influences men's marriage rates is essential for analyzing marriage-market dynamics, yet empirical evidence remains limited. This study addresses this gap by analyzing nationally representative microdata from 2014 and 2023 in Türkiye, covering 144 marriage markets defined by age, education, and region. Two indicators of women's economic position are used for gender identity: the probability that a woman out-earns a man, and women's income share. Their associations with men's marriage rates are estimated using fractional response models, offering a more methodologically robust approach than conventional linear models for the bounded dependent variables. Applying several symmetric and asymmetric link functions, specification tests identify the asymmetric log-log link as the best-fitting functional form in both years. The 2014 results indicate that a one-unit increase in the share of women who out-earn men is associated with a nine-percentage-point decline in men's marriage rates, while women's income share is not statistically significant. By 2023, this pattern reverses: the effect of women out-earning men becomes statistically insignificant, while a higher women's income share is associated with a nineteen-percentage-point decline in men's marriage rates. These findings suggest a behavioral shift—from categorical resistance to female economic advantage toward increased sensitivity to the degree of women's financial dominance.

Keywords: gender identity, marriage market, relative income, fractional response models, Türkiye

1. fkomuryakan@bandirma.edu.tr, Bandırma Onyedü Eylül University

## **Socioeconomic Background and Migration in Explaining School Effectiveness: A Bayesian HLM Analysis with TIMSS 2023**

Derya TOPDAĞ (Corresponding Author)<sup>1</sup>

This study examines school effectiveness using Bayesian two-level hierarchical linear modelling (HLM), based on TIMSS 2023 Turkey 8th-grade data—the first international assessment conducted after the COVID-19 pandemic. Due to the relatively small number of immigrant students in the sample, Bayesian multilevel modelling was preferred over classical estimation methods. This approach provides more stable estimates by reducing parameter uncertainty for small subgroups through the use of posterior distributions. The analysis explored the effects of school socioeconomic composition, academic climate, and teacher characteristics on student achievement while controlling for student-level variables such as home educational resources (HER) and immigrant status. The findings reveal that HER has a strong and statistically significant effect on student achievement, with this effect varying across schools. Immigrant students systematically demonstrated lower levels of achievement, and the magnitude of this effect differed depending on the school context. At the school level, academic emphasis (AE) significantly increased achievement in both mathematics and science. In contrast, school socioeconomic composition (OSSES) and teacher job satisfaction (TJS) did not show statistically significant effects, while teacher experience (EXP) exhibited a small but significant negative association. Approximately one-quarter (26–28%) of the total variance in achievement was attributable to between-school differences. Including student-level variables such as HER and immigrant status in the model explained more than half of this between-school variance. This suggests that school-level differences in achievement are largely shaped by student composition, particularly individual-level factors such as access to educational resources at home and immigrant background—both of which exert effects that differ depending on the school environment. In light of the strong effect of home educational resources (HER) on student achievement, particularly in explaining between-school variance, policy measures should prioritise the provision of basic learning materials and digital access to students from low-resource households. Moreover, targeted language support and inclusion programs are essential for immigrant students, whose achievement outcomes remain consistently lower and context-dependent.

**Keywords:** Student Achievement, TIMSS, Socioeconomic Background, Immigrant Students, Bayesian Hierarchical Linear Modeling

1. dtopdag@bandirma.edu.tr, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi

## **A Two-Stage Bin Packing Algorithm for Minimizing Machines and Operators in Cyclic Production Systems**

Baruch KEREN (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Yossi HADAD<sup>2</sup>

This study presents a novel, two-stage algorithm that minimizes the number of machines and operators required to produce multiple product types repeatedly in cyclic scheduling. Our algorithm treats the problem of minimum machines as a bin packing problem (BPP), and the problem of determining the number of operators required is also modeled as the BPP, but with constraints. The BPP is NP-hard, but with suitable Heuristic algorithms, the proposed model allocates multiple product types to machines and machines to operators without overlapping setup times (machine interference). The production schedule on each machine is represented as a circle (donut). By using lower bounds, it is possible to assess whether the number of machines required by our model is optimal; if not, the optimality gap can be quantified. The algorithm has been validated using real-world data from an industrial facility producing 17 types of products. The results of our algorithm led to significant cost savings and improved scheduling performance. The outcomes demonstrate the effectiveness of the proposed algorithm in optimizing resource utilization by reducing the number of machines and operators required. Although this study focuses on a manufacturing system, the model can also be applied to other contexts. The proposed approach offers an effective decision-support tool for planners in resource-constrained production environments.

**Keywords:** algorithm; bin packing problem (BPP); integer linear programming (ILP); first fit decreasing algorithm (FFD); cyclic scheduling

1. baruchke@sce.ac.il, SCE - Shamoon College of Engineering

2. yossi@sce.ac.il, SCE - Shamoon College of Engineering

## **Allocation of Risk Mitigation Budgets in Projects: A Multi-Criteria Simulation-Based Optimization Approach**

Yossi HADAD (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Baruch KEREN<sup>2</sup>

Projects are exposed to risks that may hinder their success regarding cost, schedule, and quality/content. After identifying these risks, the project manager must select a subset for mitigation, constrained by a limited risk response budget. The problem lies in the uncertainties surrounding risk realization, their impact on the project's parameters, and the outcomes of the risk response plan. This paper proposes a method for allocating the risk–response budget to mitigate project risks. The method begins with a Monte Carlo simulation to assess each risk's impact and residual impact post-mitigation. These simulation results are the input for mathematical programming calculations, determining the optimal budget allocation among the risks based on various objective functions (e.g., maximizing expected net savings or minimizing variance). Each objective function can yield a different optimal budget allocation, so the final step involves weighing all results to make a conclusive decision. The proposed method allows decision-makers to select or weigh multiple objective functions according to their preferences. This enables decision-makers to select a single objective function that aligns with their strategic goals or weigh multiple objective functions to make a more balanced decision. Finally, the method can accommodate sensitivity analysis, thus enabling decision-makers to identify the set of risks that would receive a response if the budget were increased or decreased. A case study illustrates the proposed method.

**Keywords:** Project risk management; budget optimization; Monte Carlo simulation; integer linear programming; multi-criteria decision-making

1. yossi@sce.ac.il, SCE-Sami Shamoon College of Engineering

2. baruchke@sce.ac.il, SCE-Sami Shamoon College of Engineering

## **Analysis of the Causal Relationship Between Economic Freedom and National Income in European Union Countries**

Çağın KARUL (Corresponding Author)<sup>1</sup>

This study investigates the causal relationship between economic freedom and per capita income in European Union countries using panel data techniques. Economic freedom refers to an institutional setting where individuals are free to engage in voluntary transactions and property rights are protected against arbitrary state interference. A vast body of empirical literature shows that higher levels of economic freedom stimulate economic growth by enhancing capital accumulation, attracting investment, increasing entrepreneurial activity, and facilitating international trade. Moreover, efficient institutions improve resource allocation and help sustain long-term development. The analysis employs the Economic Freedom of the World Index published by the Fraser Institute, focusing on its five major components: size of government, legal system & property rights, sound money, freedom to trade internationally, and regulation. Given the strong cross-sectional dependence observed among EU countries, the study utilizes a second-generation panel causality test developed by Nazlioglu and Karul (2024), which builds upon the PANIC (Panel Analysis of Nonstationarity in Idiosyncratic and Common components) approach. The empirical findings reveal a bidirectional causality between the overall and all subcomponents of economic freedom index and per capita income. The results indicate that economic freedom is not only a driver of economic growth but also a dynamic institutional variable shaped by a country's level of economic development. The study highlights the importance of institutional reforms in sustaining economic growth within the European Union.

**Keywords:** Economic Freedom, Panel Causality, Cross Section Dependency

1. ckarul@pau.edu.tr, Pamukkale University

## **Belirsizlik Altında Risklerin Değerlendirilmesinde Düzeltme Faktörlü F-Entropi Ağırlıklı 2D-FAHP Yaklaşımı**

Mehmet Kenan TERZIOĞLU<sup>1</sup>, Aysu YAŞAR (Corresponding Author)<sup>2</sup>

Karmaşık veri yapıları, belirsizlik ve çok boyutlu risk unsurlarını içeren karar problemlerinde, özellikle dijital bilgi güvenliği alanında, sistematik ve tutarlılığa duyarlı analiz yaklaşımlarının kullanılmasını önemli olmaktadır. Belirsizliğin yoğun olduğu ortamlarda, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri, hem nicel hem de nitel verilerin bütüncül biçimde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu çalışmada, çok boyutlu ve belirsizlik içeren problemlerin analizinde karar vericilerin öznel yargularından kaynaklanan ağırlıklandırma tutarsızlıklarını azaltmaya yönelik olarak Yaşar ve Terzioğlu (2025) yaklaşımı tanıtılmaktadır. İlgili yaklaşımda, bulanık entropi yöntemine alt kriter sayısına duyarlı bir düzeltme terimi entegre edilmekte; elde edilen ağırlıklar ise yaklaşım çerçevesinde kurgulanan iki boyutlu bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (2D-FAHP) ile entegre edilerek karar sürecine dâhil edilmektedir. Alfa-kesme seviyelerine dayalı tutarlılık analizleri sonucunda belirlenen uygun alfa değeri ise alt kriterlerin iki boyutlu yapıya indirgenmesinde referans olarak kullanılmaktadır. Kurgulanan yaklaşım, hem yapısal hem de nicel güvenilirliği artırmakta; modelin belirsizlik ortamlarında daha esnek kararlar üretmesine katkı sunmaktadır. Bununla birlikte, söz konusu yaklaşımda Hurwicz kriteri ile OCTAVE Allegro metodolojisi ilişkilendirilerek, kriterlerin riskli ortam koşullarına göre oluşturulan görel risk matrisi üzerinden sıralama düzeyiyle birlikte değerlendirmesi yapılmakta ve kararların daha tutarlı biçimde desteklenmesi sağlanmaktadır. Bu bütünleşik yapı, karar modellerine esneklik kazandırmakla birlikte, risk tabanlı analiz süreçlerinin tutarlılığına, uygulanabilirliğine ve karar verici açısından yorumlanabilirliğine de katkı sağlamaktadır.

**Keywords:** Bulanık Entropi, Bulanık AHP, Karar Verme, İki Boyutlu FAHP

1. kenanterzioglu@trakya.edu.tr, trakya üniversitesi

2. aysuysar@gmail.com, None

## **Government Effectiveness in the Context of Taxation, Institutions, and Corruption: A Dynamic Panel Data Analysis on G20 Countries**

Zerife YILDIRIM (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Emine YÖNEY<sup>2</sup>, Ebru BİLGİN<sup>3</sup>

The sustainability of tax revenues and the functional quality of institutional structures play a decisive role in the capacity of governments to effectively implement public policies. Government effectiveness is a fundamental indicator of governance performance, both in terms of the utilization of fiscal capacity and the efficiency of institutional arrangements. This study analyzes the fiscal and institutional factors affecting government effectiveness in selected G20 countries for the period 2000–2023. The variables examined include the ratio of tax revenues to GDP, control of corruption, political stability, voice and accountability, and the rule of law. The effects of these indicators on government effectiveness are estimated using the Two-Step System Generalized Method of Moments (System GMM) developed by Arellano-Bover/Blundell-Bond (1998). According to the findings, no statistically significant direct relationship was identified between the tax-to-GDP ratio and government effectiveness. This suggests that fiscal capacity alone is not sufficient to improve governance performance. The lagged value of government effectiveness is statistically significant and positively signed, indicating persistence in governance performance over time. In terms of institutional factors, improvements in the rule of law have a strong and positive effect on government effectiveness. Likewise, progress in controlling corruption significantly enhances government effectiveness. On the other hand, no statistically significant relationship was found between government effectiveness and the variables of political stability and voice and accountability.

**Keywords:** System Generalized Method of Moments, Tax Revenues, Government Effectiveness, Control of Corruption, Institutional Indicators

1. zerifeyildirim@gmail.com, Harran University

2. emineyoney@harran.edu.tr, Harran University

3. ebrubilgin@harran.edu.tr, Harran University

## **Data-Driven Weighting of the Human Development Index Indicators: A Comparative Analysis of Entropy, CRITIC, ECWM, MEREC, and LOPCOW Methods**

Ceren Dirik AYVAZ (Corresponding Author)<sup>1</sup>

In multi-criteria decision-making problems, criterion weights play a pivotal role in capturing the relative importance of each criterion, thereby influencing the decision-making process. In complex decision-making contexts, objective weighting methods have gained increasing prominence, as they utilize data-driven techniques that offer enhanced consistency, transparency, reproducibility, and reduced bias, compared to subjective approaches. This study conducts a comparative analysis of five outstanding objective weighting methods—Shannon Entropy, CRITIC, ECWM, MEREC, and LOPCOW. By utilizing the Human Development Index (HDI) 2025 data, it is aimed to explore the potential applications of objective weighting methods in evaluating human well-being. The analysis focuses on four key HDI indicators: life expectancy at birth, mean years of schooling, expected years of schooling, and gross national income per capita. All indicators are benefit-oriented, and the scope of the analysis is limited to EU countries. The results reveal that the assigned criterion weights differ substantially across methods. In terms of the standard deviation, CRITIC ( $SD = 0.04$ ) and LOPCOW ( $SD = 0.07$ ) yield relatively balanced distributions. In contrast, MEREC ( $SD = 0.15$ ), ECWM ( $SD = 0.17$ ), and Entropy ( $SD = 0.34$ ) produce more dispersed weight allocations, reflecting higher variability across the criteria. Correlation analysis indicates a positive relationship among Entropy, ECWM, and MEREC, suggesting similar weighting patterns. Conversely, CRITIC and LOPCOW exhibit weak or moderate negative correlations with all others, highlighting their distinct approaches to evaluating the importance of criteria. These findings suggest that the perceived importance of HDI components varies considerably depending on the applied weighting method. Overall, this study contributes to the literature on objective weighting by illustrating the methodological nuances and implications of different techniques in the context of human development measurement. The findings underscore the importance of reevaluating global indices, such as the HDI, using data-driven approaches.

**Keywords:** Multi-Criteria Decision-Making, Objective Weighting, Human Development Index.

1. cerendirik@kku.edu.tr, Kırıkkale University

## **The Impact of Trade Liberalization on Bilateral Trade Volumes: A Gravity Model Case for Turkey**

Özgür ENGELOĞLU (Corresponding Author)<sup>1</sup>

Trade liberalization is widely regarded as a crucial step toward enhancing international trade between countries. By reducing barriers to trade, liberalization policies are expected to improve market access, increase efficiency, and stimulate bilateral trade flows. This study investigates the impact of trade liberalization on the bilateral trade dynamics between Turkey and its trading partners. In addition, moderating factors such as religious similarity and shared borders are considered to assess whether they amplify or mitigate the effects of liberalization. The empirical analysis employs the gravity model for the dependent variable, which is an indicator of bilateral trade. Independent variables include such as the trade liberalization index, GDP, population, trade volume, and government effectiveness. The panel dataset covers the period from 2004 to 2024 and includes 45 out of Turkey's top 50 trading partners for which sufficient data is available. A Fixed Effects Model is adopted to control for unobserved heterogeneity across countries, and Driscoll-Kraay standard errors are used to correct for potential heteroskedasticity and serial correlation. The results suggest that higher levels of trade liberalization significantly enhance bilateral trade volumes. In addition, the GDP and international trade of the source country and the population and government efficiency in the destination country also significantly affect bilateral trade. However, the effects of religious similarity and shared borders are found to be statistically insignificant in moderating this relationship.

**Keywords:** Bilateral Trade, Gravity Model, Driscoll-Kraay Method, Panel Data Analysis

1. ozgurengeloglu@kku.edu.tr, Kirikkale University

## **Machine Learning Approach with Data Modification for Stock Market Index Direction Prediction**

Berke KAYGISIZ (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Yeliz Mert KANTAR<sup>2</sup>

**Abstract:** Accurate prediction of the direction of stock market indices in financial markets is of critical importance for investors and financial analysts in terms of both risk management and the formulation of data-driven investment strategies. The uncertain, volatile and unpredictable nature of the markets causes traditional statistical forecasting methods to be inadequate, which necessitates the use of more advanced and flexible methods. In this context, this study proposes a comprehensive forecasting model that incorporates various machine learning algorithms to predict the direction of the stock market index with high accuracy. The methods used include Logistic Regression, Random Forest and XGBoost algorithms. In the modelling process, data smoothing techniques, time-based weighting approaches, structural break tests, technical indicator analyses and extensive feature engineering steps are applied to improve the prediction success. Thanks to these preprocessing steps, model inputs become more meaningful and prediction accuracy increases. The study compares the performance of the developed machine learning models and analyses the classification success. The results show that combining technical indicators with statistical transformations significantly improves the prediction of market direction by machine learning models. This improves the effectiveness of decision support systems in short-term financial forecasting and offers important benefits for investors. Overall, the study presents an approach that gives a solid framework for data science applications in economics and finance. This allows for more informed and research-based investment decisions. When assessed for both academic and practical use, this framework will also clarify future studies on forecasting market direction.

**Keywords:** Machine learning, data preprocessing, structural break analysis, BIST100, index direction prediction

**Support / sponsor note:** This study is supported by Undergraduate Student Projects of Eskişehir Technical University

1. berkekaygisiz11@gmail.com, Eskişehir Technical University

2. ymert@eskisehir.edu.tr, Eskişehir Technical University

## **The Relationship Between Energy Poverty and Government Size: An Analysis of Emerging Markets and Low-Income Economies**

Nazmiye TEKDEMİR (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Abdulkadir BULUT<sup>2</sup>

Energy poverty is a multidimensional problem that refers to households' inability to access basic modern energy services, such as clean cooking fuels and technologies, or their inability to afford these services. Government policies, particularly public spending, address energy poverty by funding clean energy solutions to mitigate health and environmental externalities. This study examines the relationship between public spending and energy poverty in 96 emerging and low-income economies from 2000 to 2022, controlling for GDP per capita and industrialization. Energy poverty is measured by access to clean fuels and technologies for cooking (% of population), and public spending is proxied by general government final consumption expenditure (% of GDP). We apply the Method of Moments Quantile Regression (MMQR) to assess the varied impacts of public spending across countries with differing energy poverty levels. Unlike mean-based regression, MMQR captures heterogeneous effects across the full distribution, offering robust, policy-relevant insights despite heteroscedasticity and non-normality in the data. Findings reveal a non-linear, inverted U-shaped relationship between public spending and energy poverty across all quantiles. Initial government spending significantly reduces energy poverty, but with diminishing returns. This impact is strongest in the most energy-deprived countries, where public spending yields the greatest marginal benefit. While the effect weakens as energy poverty declines, it remains statistically significant. Higher income levels consistently reduce energy poverty, confirming the importance of economic development, with stronger effects observed in high-energy poverty contexts. In contrast, industrialization shows no significant effect, suggesting it does not directly contribute to improved household energy access. These findings emphasize the effectiveness of targeted public spending, particularly in contexts of extreme energy poverty. However, diminishing returns indicate that, beyond a certain threshold, complementary strategies—such as improving policy efficiency, leveraging private investment, and enhancing institutional capacity—are essential for sustained progress.

**Keywords:** Energy Poverty, Government Size, Public Consumption Expenditures, Emerging and Low-Income Economies, MMQREG

1. nazmiyekirik@gmail.com, Kirikkale University

2. kadirbulut0710@gmail.com, Hitit University

## **Causal Relationship Between Price Bubbles: An Application to Energy Spot Prices**

Verda Davasligil ATMACA (Corresponding Author)<sup>1</sup>

Crude oil is the largest energy commodity affecting long and short term economic indicators of countries. Natural gas, due to its substitutability, is a market whose price can be significantly affected by oil. In oil-gas markets, prices can deviate from their fundamentals, creating speculative bubbles. The transmission of price bubbles is influenced by different pricing mechanisms in these markets. The aim of this study is to analyze the causal relationship between price bubbles that occur in oil-gas markets with different price formation processes. For this purpose, monthly data spanning the period from 01.1982 to 06.2025 for WTI, Brent, Dubai Fateh, Henry Hub, TTF, and LNG (Japan) were obtained from the World Bank. All analyses were conducted using R software. The presence of price bubbles is detected using the Generalized Sup Augmented Dickey-Fuller (GSADF) test, while causal interactions among bubbles are explored via Granger causality tests based on BSADF statistics. The probability of a bubble transition between the oil-gas markets was estimated using a logit model. According to the findings, WTI, Brent, and Dubai Fateh markets are decisive for LNG (Japan).

**Keywords:** Anahtar Kelimeler: Enerji Fiyatları, Fiyat Balonları, GSADF, Logit Model.

1. verdaatmaca@comu.edu.tr, Çanakkale Onsekiz Mart University

## **A Recurrent Fuzzy Neural Network Model for Forecasting Spanish Olive-Oil Market Prices**

Suzan Kantarcı SAVAS (Corresponding Author)<sup>1</sup>

Olive oil is an important agricultural food product. Spanish Agriculture Stock Market Approach which protects Spanish olive oil producers and companies, is observed in this study. Because Spanish Olive Oil Stock Market has a crucial manner for world's olive oil market. The traceability of prices for Spanish Olive Oil Stock Market has a key role for local and global olive oil market. The market situation affects for the producers, exporters and importers of all over the world. This study aims to construct a model for the forecasting the extra virgin olive oil prices on Spanish Olive Oil Stock Market. POOLRed Data is used for the model. Fuzzy logic handles complex and ambiguous information. In real life applications, neural network algorithm is preferred to have better performance for predictive models. Fuzzy neural network (FNN) approach becomes a powerful tool for solving real-world problems in the area of forecasting, identification, etc. A fuzzy recurrent neural network algorithm is applied into the fuzzified dataset. As a result, fuzzy time series approach is constructed. Genetic Algorithm is adapted into optimize the parameters. It is focused to advise a novel model approach supports the global benefits of the sector. Model comparison studies are performed by using statistical methods.

Keywords: Olive Oil Price, Recurrent Neural Network, Forecasting, Spanish Olive Oil Stock Market

Support / sponsor note: Not applicable

1. [suzan.kantarci@klu.edu.tr](mailto:suzan.kantarci@klu.edu.tr), Kırklareli University

## Game Theory Applications for Sustainable Agricultural Irrigation Management

Esma BIRISCI (Corresponding Author)<sup>1</sup>

Amid increasing water scarcity, climate variability, and growing agricultural water demands, the need for a sustainable and equitable water resource allocation for irrigation has become urgent—especially for smallholder farming communities. This study uses game theory to model farmers' strategic decision-making using limited irrigation water, focusing specifically on drip irrigation systems. Unlike canal-based systems, drip irrigation offers discrete and controllable water application options, making it ideal for examining behavioral dynamics under decentralized management. The research explores scenarios where multiple farmers share a common water source and must decide how much water to use and when to irrigate. The model analyzes how individual water-use strategies influence collective outcomes by applying fundamental game theory concepts—including the Nash equilibrium and the Prisoner's Dilemma. The model is calibrated using irrigation usage data collected from smallholder farmers in Bursa during the summer of 2024. The findings show that farmers' efforts to maximize personal benefits often lead to less optimal results for the group, particularly when communication or cooperation is absent. However, simulations indicate that cooperative strategies, such as water-sharing agreements or rotational irrigation schedules, lead to higher productivity and improved resource sustainability. The methodology combines theoretical game models with scenario-based simulations to mirror real-world challenges faced by smallholders. The results suggest that institutional arrangements fostering trust and enforcing agreements can significantly boost cooperation and resource efficiency. This study enhances understanding of how behavioral and strategic factors impact irrigation decisions in water-scarce regions. The insights provided can guide the development of water allocation policies and governance structures that align individual incentives with collective sustainability objectives.

**Keywords:** Game Theory; Drip irrigation, Smallholder farmers; Water allocation; Nash Equilibrium; Cooperation strategies

1. esmabirisci@uludag.edu.tr, Bursa Uludag University

## Forecasting The Green Bond Market: Evidence Of Machine Learning Models

Özge Dinç CAVLAK (Corresponding Author)<sup>1</sup>

The green bond market has been considered an alternative investment direction, attracting the attention of both individual and institutional investors, who may use them as hedge tools or diversify their portfolios. The present study aims to explore the impacts of the clean energy market on the green bond market, along with certain uncertainty factors, through novel machine learning techniques accounting for complex and nonlinear relationships. For this purpose, the effects of the S&P Global Clean Energy Transition Index, the CBOE Crude Oil Volatility Index (OVX), the CBOE Gold Volatility Index (GVZ), the CBOE Volatility Index (VIX), and the Merrill Lynch Option Volatility Estimate Index (MOVE) are analyzed on the S&P Green Bond Index, using daily data spanning the period from July 2, 2015 to July 31, 2025. Extreme Gradient Boosting (XGBoost) and Natural Gradient Boosting (NGBoost) algorithms are employed to forecast model performances, accounting for various performance metrics (MAE, MSE, RMSE, and R-Square). Then, the Shapley Additive Explanations (SHAP) method is conducted to interpret the model predictions. Lastly, the relative importance of input features on the green bond market is revealed. The empirical findings indicate that the XGBoost model performs better than the NGBoost model in all performance metrics. In addition, the green bond market is mostly affected by GVZ, followed by the clean energy market. MOVE and OVX are relatively weakly associated with green bonds, while no substantial impact of VIX is observed. These findings may present important implications for investors and practitioners for green bonds' hedge and diversification potential.

**Keywords:** Machine Learning Models, Shapley Additive Explanations (SHAP), Green Bonds

1. ozge.dinc@hbv.edu.tr, Ankara Hacı Bayram Veli University

## **Is Membership in the OECD Advantageous in Terms of Entrepreneurship for the Developing Countries?**

Sıdıka BAŞÇI (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Kayla SHEVADENA<sup>2</sup>

Entrepreneurship plays a vital role in shaping both national and local economic growth. By fostering innovation, creating employment, and responding to emerging market demands, entrepreneurs drive structural transformation and enhance a country's competitiveness. However, the development of entrepreneurship is often constrained by a range of barriers, including regulatory burdens, restricted access to finance, insufficient entrepreneurial education and training, weak linkages between research and commercial application, and social inequalities that limit opportunities for women, youth, and marginalized groups. These challenges necessitate well-targeted policy interventions to create an inclusive and enabling entrepreneurial ecosystem. The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) has been instrumental in analyzing and shaping entrepreneurship policies across member countries. Through extensive case studies, policy evaluations, and regional assessments, the OECD provides valuable guidance to national and subnational governments on removing barriers to entrepreneurship and facilitating industrial transition. Notably, the OECD includes several member countries that are still classified as developing economies. This raises an important question: does OECD membership positively influence entrepreneurial development in these nations? This study conducts a comparative analysis of entrepreneurship trends in developing countries that are members of the OECD and those that are not. It investigates whether OECD membership is associated with improved entrepreneurial conditions, such as better access to finance, more supportive policy environments, or greater inclusiveness in entrepreneurial participation. By examining a range of entrepreneurship indicators and policy frameworks, the study aims to assess whether OECD affiliation translates into tangible benefits for entrepreneurial activity in developing economies. The findings contribute to the broader understanding of international policy influence on domestic entrepreneurship ecosystems.

**Keywords:** Developing Countries, Entrepreneurship, OECD

1. sidika.basci@aybu.edu.tr, Ankara Yıldırım Beyazıt University

2. kayla.sheva.edu@gmail.com, University of Bologna

## Testing Okun's Law in Türkiye Using Wavelet Analysis: Evidence from the Time-Frequency Domain

Ahmet KONCAK (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Erdal BERK<sup>2</sup>

In this study, the validity of Okun's Law for Türkiye-that is, the relationship between the growth rate of per capita Gross Domestic Product (GDP) and the unemployment rate-is examined using annual data for the period 1988-2024. To investigate the causality between the two variables, both traditional time series methods that rely solely on the time domain and the wavelet approach, which simultaneously considers the time and frequency domains, are employed. In the first stage, the stationarity properties of the variables are assessed not only with the traditional ADF and KPSS tests but also with their Fourier-based forms. The findings indicate that the per capita GDP growth rate is stationary at level, whereas the unemployment rate becomes stationary after first difference. The causal relationship between the variables is analyzed through the Toda-Yamamoto and Fourier Toda-Yamamoto causality tests; within this framework, no statistically significant causality relationship is detected over the period. In the second stage of the study, causality relationships are analyzed using the wavelet approach. The wavelet power spectrum graphs reveal that the economic and political developments occurring between 1999 and 2013 caused long-term high volatility in the growth rate, while short- and medium-term high volatility dominated the 2004-2015 period. According to the wavelet coherence analysis, a strong negative causal relationship from growth to unemployment is observed between 1998 and 2000. During the 2003–2017 period, a significant causal relationship from growth to unemployment was detected, and this relationship appeared to persist across short-, medium-, and long-term horizons. The findings indicate that traditional methods relying solely on the time domain are insufficient to fully capture the complex and time-varying causal dynamics between growth and unemployment. In contrast, wavelet-based methods successfully reveal the dynamic structure of the relationship by considering variations in both the time and frequency domains.

**Keywords:** Okun's Law, Wavelet Analysis, Time Series, Causality

1. akoncak@ibu.edu.tr, Bolu Abant Izzet Baysal University

2. eberk@mku.edu.tr, Hatay Mustafa Kemal University

## **Analyzing the Macroeconomic Determinants of Foreign Direct Investment in Turkiye: An ARDL Approach (1990–2024)**

Çetin GÖRÜR (Corresponding Author)<sup>1</sup>

Foreign direct investment (FDI) serves as a crucial driver for economic development by facilitating capital accumulation, technology transfer, employment creation, and integration into the global economy. For emerging economies like Turkiye, attracting FDI is essential to enhance productivity and sustain long-term growth. This study aims to comprehensively examine the effects of key macroeconomic determinants—namely economic growth, employment, and inflation—on FDI inflows in Turkiye, covering the period from 1990 to 2024. The choice of this timeframe captures significant economic transitions and policy shifts that have shaped Turkiye’s investment climate. Data for the analysis were obtained from the World Bank, encompassing annual observations on the relevant variables. Given that the variables exhibited different orders of integration, the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) bounds testing approach was employed to investigate both short-run dynamics and long-run equilibrium relationships without the prerequisite of uniform stationarity. The results reveal evidence of a stable long-run cointegration among the variables, validating the use of the ARDL model. Empirical findings indicate that economic growth positively and significantly influences FDI inflows, underscoring the role of a growing economy in attracting foreign investors by signaling market potential and profitability. Conversely, both employment levels and inflation rates display statistically significant negative relationships with FDI, suggesting that labor market conditions and macroeconomic instability may deter foreign investment. The estimated model demonstrates excellent explanatory power, with an  $R^2$  of 0.907 and an adjusted  $R^2$  of 0.820, and diagnostic tests confirm that all classical regression assumptions are satisfied, ensuring the reliability of the results. Overall, this research contributes to the existing literature by providing updated empirical evidence on the determinants of FDI in Turkey using a rigorous econometric framework, offering actionable insights for economic policy design.

**Keywords:** Foreign Direct Investment, Economic Growth, Employment, Inflation, ARDL Cointegration

1. cetingorur@yyu.edu.tr, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

## **A New Innovative AI-Based Index: Anadolu University Economic Confidence Index**

Hasan MURAT ERTUĞRUL(Corresponding Author)<sup>1</sup>, Burçhan SAKARYA<sup>2</sup>, Onur POLAT<sup>3</sup>

An innovative step will be taken for the Turkish economy, and a high-frequency confidence index will be created for the first time on a web-based basis by using the natural language processing (NLP) model and using texts from various news sites. Confidence in the economy plays a critical role in shaping the real and financial outlook of the country. However, since many important economic indicators related to GDP, Industrial Production Index, Export or Service Sector are usually published with a late calendar, confidence indices provide pioneering information to fill this gap. However, although there are different indices for measuring confidence in the national and international arena, there are various difficulties in terms of scope and method. In classical approaches, methods based on a limited sample size, survey-based and limited to closed-ended questions are used. These approaches increase the "cost" burden as the sample size increases and bring with it the risk of "bias" in surveys and the problem of "respondent burden" as the number of questions increases. In order to overcome such problems, news sites that include expert opinions stand out as an alternative and rich data source. By using texts obtained from news sites, the problems of "cost", "bias" and "respondent burden" encountered in classical trust index approaches can be largely eliminated.

Keywords: NLP, Economic Confidence Index, AI

Support / sponsor note: Anadolu University BAP Unit

1. hmertugrul@anadolu.edu.tr, Anadolu University

2. bsakarya@baskent.edu.tr, Baskent university

3. onur.polat@bilecik.edu.tr, bilecik seyh edebali university

## **Factors Affecting Energy Consumption in Developing Countries: Quantile Regression Approach**

Nurdan DEĞİRMENÇİ (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Tuba Yakıcı AYAN<sup>2</sup>

Energy consumption has significant and comprehensive impacts on the environment. The energy obtained by burning fossil fuels causes the release of large amounts of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) into the atmosphere. This gas causes global warming and climate change by creating a greenhouse effect. Increasing energy demand leads to rapid depletion of natural resources and damage to ecosystems. In addition, waste and pollution generated during the energy production process negatively affect human health by reducing water and air quality. In another respect, energy expenditures have a decisive effect on the current account deficits of countries. Especially in countries that are foreign-dependent in terms of energy resources, imports of fossil fuels such as oil, natural gas and coal constitute an important item of the current account deficit. Generally speaking, it can be seen that energy consumption has wide-ranging and serious effects in terms of economic, environmental and human health. The primary objective of this study is to examine the main factors affecting energy consumption in developing countries using quantile regression. If the data do not meet the Least Squares assumptions, and especially if the dependent variable is not normally distributed, quantile regression is considered an appropriate method to examine whether different relationships exist at different levels of the dependent variable. The variables to be used in the analyses were determined as GDP, population, urbanization rate, human development index, industrialization level, FDI, and CO<sub>2</sub> based on an extensive literature review. Preliminary analyses revealed that the per capita income (GDP), human development level (HDI), and CO<sub>2</sub> emissions variables were insignificant in explaining energy consumption levels, and therefore, these variables were excluded from the analyses in the subsequent stages. According to pairwise comparisons of quantiles and LS coefficient estimates, statistically significant differences were observed between the 25% and 75% quantiles for the population variable and between the 25%, 75%, and 50%, 75% quantiles for the industrialization variable. For the industrialization variable, the difference between the 25% and 75% quantiles is quite strong.

**Keywords:** Quantile Regression, Energy Consumption, Developing Countries

1. nurdan.degirmenci@erdogan.edu.tr, Recep Tayyip Erdoğan University

2. ayan@ktu.edu.tr, Karadeniz Technical University

## **Estimating Total Fertility Rate in Turkey Based on Vulnerable Employment and Socio-Economic Indicators Using Artificial Neural Networks**

Ayşegül YILDIZ (Corresponding Author)<sup>1</sup>

The total fertility rate, an important indicator of a society's generational renewal, demographic, and economic future, represents the total number of children a woman is expected to have during her fertile years. The steadily declining total fertility rate in Türkiye has begun to raise concerns regarding the sustainability of the population, its demographic structure, and the long-term social and economic stability of society. Türkiye, which is in a serious bottleneck since declining fertility directly affects the demographic and economic future, has declared the period 2026-2035 as the "Decade of Family and Population" and has begun to take strong steps that put the family at the center in this context. This study focuses on estimating the total fertility rate (output variable) in Türkiye using an artificial neural network (ANN) method with data covering the period 1988-2024. GDP per capita, vulnerable employment, urban population, preprimary school enrollment rates, and life expectancy at birth are used as input variables in the model. The dataset is divided into three parts: training, testing, and validation. A trial-and-error method is used to find the optimal ANN architecture for total fertility rate estimation, that is, to minimize the difference between the generated values and the actual values. Network performance is examined using MAPE, R2, and RMSE values. The Garson Algorithm is used to assess the relative importance of the input variables considered in the study. The findings are expected to contribute to the policy development process for countries experiencing low fertility trends by revealing the main variables affecting the total fertility rate. Accordingly, recommendations regarding the potential effects of education, health, economic growth, urbanization, and employment policies on fertility will be presented.

**Keywords:** Total Fertility Rate, Vulnerable Employment, Artificial Neural Network

1. aysegul.yildiz@dpu.edu.tr, Kütahya Dumlupınar University

## **Etkili İklim Politikaları, Küresel Isınmanın Gücünü Azaltabilir mi? Alternatif Dayanıklı Olasılık Modeli Yaklaşımı: Robit**

Ebru Çağlayan AKAY<sup>1</sup>, Zeynep ŞENGÜL (Corresponding Author)<sup>2</sup>

Bu çalışma, Birleşmiş Milletler'in 2015 yılında ilan etmiş olduğu hedeflerden 13. Hedef: İklim Eylemi ve Paris Anlaşması'nın imzalanması sebebiyle ülkelerin uyguladığı iklim politikalarının küresel ısınma üzerindeki etkisini olasılık regresyon modelleriyle incelemektedir. Çalışmada, Paris Anlaşması'nın sıcaklık artışını yavaşlatmak ve 2°C altında tutma hedefini dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda bağımlı değişken, ortalama sıcaklık artışının 2°C ve üzerini aşması ve aşmaması olarak belirlenmiştir. Model logit, probit ve dayanıklı olasılık regresyon yöntemi robit ile tahmin edilmiştir. Cook's D grafiğine tahmin edilen logit modelinde aykırı gözlem belirlenmiştir. Aynı zamanda, bu üç modele ait model seçim metrikleri incelendiğinde en iyi model performansını robit tahmin yöntemi sergilemektedir. Bu sebeple en uygun modelin robit olduğu belirlenmiştir. Robit regresyon sonucuna göre; doğal kaynak rantının sıcaklık artış olasılığını azalttığı, fakat iklim riskinin, karbon emisyon yoğunluğunun ve gelir grubunun sıcaklık artış olasılığını arttırdığı bulunmuştur. İklim riski varlığının, ülkelerin iklim politikaları uygulama başarısı ile değerlendirildiğinde sıcaklığı azaltma potansiyeli olduğu anlaşılmıştır. Aynı zamanda karbon emisyonları karbon vergisi uygulanması ile değerlendirildiğinde küresel ısınma olasılığını arttırdığı fakat bu artışın karbon emisyonundan daha az olduğu bulunmuştur. Bu sonuç, karbon vergisi alınmasının küresel ısınmanın gücünü karbon emisyonu salınımına kıyasla azaltabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, iklim politikalarının uzun vadede çevresel ve ekonomik faydalar sağlayabileceğini ve bu politikaların bir yük değil aksine, uzun süreli ve istikrarlı başarı sağlandığında küresel ısınma hızının yavaşlayabileceğini ve küresel iş birliğinin sağlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, sürdürülebilir ve kararlı iklim politikaları çevresel düzeyde önemli kazanımlar sağlayabileceği öngörülmektedir.

**Keywords:** Robit regresyon, Küresel ısınma, İklim politikaları

1. ecaglayan@marmara.edu.tr, Marmara Üniversitesi

2. zzeynepsengul@gmail.com, Marmara Üniversitesi

## **Türkiye ve AB Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kullanımının Karbon Emisyonları Üzerindeki Etkisi**

Sümeyye Rafia YILDIZ (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Murat ATAN<sup>2</sup>

Bu çalışma, Türkiye ve Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde yenilenebilir enerji kullanımının karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonları üzerindeki etkisini panel veri analizi ile incelemektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle mücadelede yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi giderek artmaktadır. 2000–2023 dönemini kapsayan veri setinde, yenilenebilir enerji tüketim oranı, kişi başı enerji tüketimi ve kişi başı CO<sub>2</sub> emisyonları temel değişkenler olarak kullanılmıştır. Veriler Eurostat, OECD ve Dünya Bankası veri tabanlarından elde edilmiştir. Çalışmada öncelikle yatay kesit bağımlılığı ve durağanlık testleri uygulanmış, ardından uzun dönem ilişkilerin varlığını belirlemek için panel eşbütünleşme testleri yapılmıştır. Nedensellik yönünü incelemek amacıyla Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi kullanılmıştır. Bulgular, yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın uzun vadede CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltıcı yönde etkili olduğunu ve Türkiye'nin AB ülkeleri ile benzer nedensellik dinamikleri sergilediğini göstermektedir. Bu sonuçlar, iklim değişikliği ile mücadelede yenilenebilir enerji yatırımlarının kritik rol oynadığını ortaya koymaktadır. AB ülkelerinde uygulanan enerji dönüşüm stratejileri, karbon yoğunluğunun azaltılmasında etkili olurken, Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımlarının son dönemlerde artış göstermesi benzer çevresel faydalar sağlamaktadır. Bulgular, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılmasının ve enerji verimliliği politikalarının güçlendirilmesinin karbon emisyonlarının azaltılması açısından kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, enerji sektörü politikalarının yeniden yapılandırılması ve çevresel performansın iyileştirilmesi bağlamında yenilenebilir enerji kullanımının stratejik bir araç olduğunu vurgulamaktadır.

**Keywords:** Yenilenebilir enerji, karbon emisyonu, panel veri analizi, Dumitrescu-Hurlin nedensellik, Avrupa Birliği, Türkiye.

1. sumeyye.yildiz8061@gmail.com, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi

2. murat.atan@hbv.edu.tr, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi

## Eğitim ve İstihdam Arasında Kayıp Gençlik: Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme

Ebru Çağlayan AKAY<sup>1</sup>, Filiz Çakir ZEYTİNOĞLU<sup>2</sup>, Özlem ERGÜT (Corresponding Author)<sup>3</sup>,  
Zamira OSKONBAEVA<sup>4</sup>

Ülkelerin ilerlemesinde önemli bir role sahip olan gençlerin eğitim ve istihdamı, topluma ve ekonomiye katkıları açısından son derece değerlidir. Ülke ekonomileri için kritik rol oynayan gençlerin istediği bir gelecek hayal etmesi, iyi eğitim alması ve toplumda güvenle yer alabilmesi ülkelerin geleceği için büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de ve dünyada yıllar içerisinde yaygın olarak kullanılan bir kavram haline gelen, İngilizce, “Not in Education, Employment or Training” ifadesinin kısaltması olan NEET herhangi bir mazereti olmadan, eğitim veya öğretim hayatında ve işgücü piyasasında yer almayan gençler için kullanılan demografik bir grubu ifade etmektedir. NEET olmanın sadece birey için değil, aynı zamanda toplumlar ve ekonomi için çok ciddi maliyetleri olduğundan bu çalışmada öncelikli olarak NEET statüsünün belirleyicileri ortaya konularak NEET olmanın ülke ekonomileri üzerindeki iktisadi, siyasi ve sosyal etkileri de ele alınmış, Türkiye’deki NEET gençlerinin durumu OECD ve AB ülkeleri istatistikleri ile karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Aynı zamanda NEET hakkında yapılan akademik çalışmaların eğilimi, gelişimi ve yeni araştırma dinamikleri hakkında fikir sahibi olabilmek adına bibliyometrik analiz gerçekleştirilerek belirli bir zaman periyodunda NEET konusu ile ilgili bilginin gelişiminin görselleştirilmesi ve yorumlanması fırsatı sunulmuştur. NEET sayısının artması ve bu sorunun devam etmesi uzun vadeli sonuçlar doğuracağından işgücü piyasasından ve eğitimden kopmuş genç nüfusun son derece heterojen yapısı göz önüne alınarak eğitim, iş hayatına geçiş ve sosyal katılım ile ilgili çeşitli politika ve çözüm önerileri geliştirmek önemlidir. Bunlardan birkaçı şöyle özetlenebilir: Eğitimi tamamlayamayanlara yardımcı olacak çeşitli eğitim ve öğretim programlarının sunulması, öğrencilerin öğrenme motivasyonunu artırmak için yeni öğretim yöntemlerinin getirilmesi, gençlere iş deneyimi sağlama, çıraklık eğitimleri ve çeşitli eğitimlere katılımlarına devam etmelerine destek sağlamaya yönelik politikalar geliştirilmeli, iş arama ve kariyer danışmanlığı hizmetlerinin sunulması yaygınlaştırılmalı, NEET grubunda olan gençlerin meslek kazanımı için, yabancı dil ve mesleki becerilere yönelik kurslar veya sertifika programları düzenlenmeli, ücretsiz ve gönüllü psikolojik destekler sağlanmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** NEET, Bibliyometrik analiz

1. ecaglayan@marmara.edu.tr, Marmara Üniversitesi

2. filiz.cakir@marmara.edu.tr, Marmara Üniversitesi

3. ozlem.ergut@marmara.edu.tr, Marmara Üniversitesi

4. zamira.oskonbaeva@manas.edu.kg, Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi

## Makroekonomik Göstergelerin İşsizlik Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği

Ayşegül AYYILDIZ (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Sümeyye Rafia YILDIZ<sup>2</sup>, Murat ATAN<sup>3</sup>

İşsizlik, ekonomik istikrar ve sosyal refah açısından kritik öneme sahip bir makroekonomik göstergedir. Türkiye ekonomisinde işsizlik oranının dalgalanması, özellikle son yıllarda ekonomik büyüme, enflasyon, döviz kurları ve sanayi üretimi gibi temel göstergelerle yakından ilişkilidir. Bu çalışma, Türkiye’de makroekonomik göstergelerin işsizlik oranı üzerindeki etkisini ekonometrik yöntemler kullanarak incelemektedir. Analiz kapsamında 2005-2024 dönemine ait çeyreklik veriler kullanılmıştır. İşsizlik oranı bağımlı değişken olarak belirlenirken, gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH), enflasyon oranı, döviz kuru, sanayi üretim endeksi ve faiz oranı bağımsız değişkenler olarak modele dahil edilmiştir. Veriler Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS) veri tabanlarından temin edilmiştir. Çalışmada öncelikle durağanlık düzeyleri belirlenmiş, ardından değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkileri tespit etmek amacıyla ARDL sınır testi yaklaşımı uygulanmıştır. Ayrıca nedensellik yönünü ortaya koymak için Toda-Yamamoto nedensellik testi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, GSYH artışının işsizlik oranını anlamlı biçimde azalttığını, enflasyon ve döviz kurundaki dalgalanmaların ise işsizlik üzerinde kısmi ve dönemsel etkiler yarattığını göstermektedir. Sanayi üretim endeksinin işsizliği azaltıcı etkisi ise özellikle uzun dönemde belirginleşmektedir. Bu bağlamda, makroekonomik göstergelerle işsizlik arasındaki nedensellik ilişkisi ve etkileşimlerin yönü de incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, GSYH büyümesinin işsizlik oranını anlamlı biçimde azalttığı beklenmektedir. Bununla birlikte, enflasyon ve döviz kuru gibi makro değişkenlerin işsizlik üzerindeki etkilerinin dönemsel ve karmaşık olduğu, kısa vadede dalgalanmalara neden olduğu tahmin edilmektedir. Sanayi üretim endeksinin ise özellikle uzun dönemde işsizlik üzerinde azaltıcı bir etkisi olması beklenmektedir. Faiz oranlarının işsizlik dinamiklerine etkisi ise Türkiye ekonomisindeki mevcut para politikası uygulamalarına bağlı olarak yorumlanacaktır. Bu sonuçlar, politika yapıcılar için işsizlikle mücadelede makroekonomik değişkenlerin etkin yönetiminin önemini vurgulamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İşsizlik, makroekonomik göstergeler, ARDL, Toda-Yamamoto nedensellik, Türkiye ekonomisi.

1. aysegulnuroglu@gmail.com, Ankara Haci Bayram Veli University

2. sumeyye.yildiz8061@gmail.com, Ankara Haci Bayram Veli University

3. murat.atan@hbv.edu.tr, Ankara Haci Bayram Veli University

## G-20 Ülkelerinde Ekonomik Büyüme Ve Çevre Kirliliği Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Analizi

Merve GÖKDAĞ (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Merve Ertok ONURLU<sup>2</sup>

Çevre kirliliği, sanayileşme ve hızla gelişen kentleşmenin küresel sonuçlarından biri olarak, canlı ekosistemi ve insan sağlığı üzerinde yaygın ve kalıcı tehditler oluşturmaktadır. Özellikle artan endüstriyel faaliyetler ve tehlikeli atıkların kontrolsüzlüğü hava, su ve toprak gibi doğal kaynakların kalitesinde fazlasıyla etkili olmaktadır. Bu çalışmada, 1992-2019 yılları arasında G-20 ülkelerinde çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi (EKC) kapsamında incelenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda EKC hipotezinin geçerliliğini tespit etmek için, çevre kirliliğini temsilen nitroz oksit (N<sub>2</sub>O), karbondioksit emisyonu (CO<sub>2</sub>) ve ekolojik ayak izi değişkenlerinin bağımlı değişken olduğu üç farklı model analiz edilmiştir. Çalışmada, birimler arası korelasyonu dikkate alan ikinci kuşak panel birim kök testleri kullanılarak değişkenlerin durağan yapıda olup olmadıkları araştırılmıştır. Birinci farkta durağan (I(1)) oldukları tespit edilen değişkenlerin, uzun dönemde ilişkili olup olmadıklarının tespit edilmesi amacıyla Pedroni Panel Eşbütünleşme testi yapılmıştır. Test sonuçlarına göre her üç model için de değişkenlerin uzun dönemde ilişkili oldukları sonucuna varılmıştır. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin tahmini için ise Ortalama Grup Dinamik En Küçük Kareler (DOLSMG) tahmincisi kullanılmıştır. DOLS test sonuçlarına göre, CO<sub>2</sub>'nin bağımlı değişken olduğu modelde G-20 ülkeleri için EKC hipotezinin geçerli olduğu; sırasıyla N<sub>2</sub>O ve karbon ayak izinin bağımlı değişken olarak yer aldığı diğer modellerde ise EKC hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi, Panel Eşbütünleşme Testi, Çevre Kirliliği, Ekonomik Büyüme

1. merveu316@gmail.com, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

2. m.ertok.onurlu@gmail.com, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

## **The Impact of Geopolitical Risks on Military Expenditure: An Analysis of the European Union**

Semih KARACAN (Corresponding Author)<sup>1</sup>

Countries allocate military expenditure to safeguard citizens' lives and property against internal and external threats and to preserve territorial integrity. The most important determinants of the level of a country's military spending include perceived threat, the size of the economy, and the share of military expenditure in gross domestic product (GDP). In light of recent disputes in Eastern Europe and the Middle East that began as political tensions and escalated into armed conflicts and wars, the importance of military expenditure is even clearer. While the link between military spending and the economy can be easily examined econometrically, analyzing its relationship with threat perception is complicated by the phenomenon's subjective nature. Against this backdrop, the aim of this study is to investigate the potential causal relationship between military expenditure and threat perception measured by the Geopolitical Risk Index (GPR), using a dataset covering 1995–2023 for the following EU member countries: Germany, Belgium, Denmark, Finland, France, the Netherlands, Spain, Sweden, Italy, Hungary, Poland, and Portugal. To measure the magnitude of military expenditure, we use the share of military expenditure in GDP and the share of military expenditure in government expenditure, which allow us to control for economic size and government corruption. The variables exhibit no cross-sectional dependence and are stationary in levels. However, since there is slope heterogeneity in the causality equations, we employ the Dumitrescu–Hurlin (2012) panel causality test to account for heterogeneity. The findings indicate bidirectional causality between the GPR and military expenditure as a share of GDP, and unidirectional causality running from the GPR to military expenditure as a share of government expenditure. Country-level estimates show that the GPR has an expenditure-increasing effect in all countries, the effect of military expenditure on the GPR is negative or statistically insignificant in 11 countries, and positive and statistically significant only in Poland.

**Keywords:** Military Expenditures, Geopolitical Risk Index, European Union, Panel Causality Tests.

1. semih.karacan@dpu.edu.tr, Kütahya Dumlupınar University

**Persistence of Shocks in Forest Areas within the Framework of Fractional Frequency Fourier - Kruse (FFKRUSE) and Fractional Frequency Fourier - Sollis (FFSOLLIS) Unit Root Tests**

Süreyya İmre BIYIKLI (Corresponding Author)<sup>1</sup>

This study aims to analyse the permanence of shocks in forest areas within the context of countries' structural characteristics, by examining changes in forest area (as a percentage of the total land area) in 30 different countries between 1990 and 2022. The analyses were conducted using two newly developed unit root tests: the Fractional Frequency Fourier-Kruse (FFKRUSE) and Fractional Frequency Fourier-Sollis (FFSOLLIS). As of 2022, countries have been divided into three groups according to their total forest area in relation to their total land area. Those with the highest ratios include Suriname, the Solomon Islands, Finland, Sweden, Japan, South Korea, the Republic of the Congo, Slovenia, Brazil and Malaysia. Those with a medium forest area include Georgia, Thailand, Bulgaria, Italy, Germany, France, Greece, Turkey, China and Iran. Conversely, countries with low forest area ratios include Pakistan, Tunisia, Syria, Iraq, Kazakhstan, Bahrain, Algeria, Iceland, Kuwait and Egypt. The FFSOLLIS unit root test results indicate that Finland, South Korea, Slovenia, Brazil, Malaysia, Georgia, Thailand, Italy, Greece, Iran, Pakistan and Iraq have a stationary process in their forest area series. The FFSOLLIS unit root test results also indicate that changes in forest area in these countries are temporary. Although forest areas in these countries show a tendency to increase or decrease over time, external shocks do not permanently disrupt this trend and the system returns to its original direction.

**Keywords:** FFKRUSE test, FFSOLLIS test, environmental shocks, deforestation

1. simre@gelisim.edu.tr, İstanbul Gelişim University

## **University Students' Perceptions of Electric Vehicle Technology: An Analysis Within the Framework of the Quantum Choice Model**

Melis KAVAKLI (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Kadir Yasin ERYIĞIT<sup>2</sup>

Electric vehicles have become an important part of environmentally friendly transportation today. Energy efficiency and environmental benefits have a positive impact on interest in electric vehicles, while uncertainties and concerns about job losses brought about by technology create a negative perception among consumers. Technological developments are closely related to how consumers adopt this technology. This study aims to explain the perceptions of educated young individuals regarding their preferences for electric vehicles using the quantum choice model. Quantum choice models offer a more comprehensive framework for explaining the inconsistencies and indecisiveness that may arise in logit models by measuring superposition and interference effects. In quantum choice models, superposition refers to a situation in which multiple alternatives are evaluated simultaneously in the decision-making process. The interference effect, on the other hand, refers to a situation where the probability of choices increases or decreases as a result of certain interactions among alternative possibilities. Thus, indecisive situations that logit models cannot explain can be modeled. In this study, it is intended to evaluate university students' views on electric vehicles based on survey questions, in line with the expectation that their adaptation speed to new technologies will be higher due to their status as current intense users of technology and future consumers. This survey it is aimed to measure possible preferences under different combinations of circumstances such as “positive aspects of technological development,” “uncertainties in electric vehicle technology,” “unemployment caused by technology,” and “social acceptance”. In addition to questions that participants will answer with “I prefer electric vehicles” or “I prefer fossil fuel vehicles,” certain questions also include the option “I am undecided,” and possible changes in preferences are predicted within the framework of quantum choice models using different scenarios. The survey responses obtained are estimated using a logit model, a quantum model (QA), a model measuring the interference effect (QAR), and a model including phase angles (QAP), and are interpreted comparatively. The emphasis on the importance of quantum econometrics, based on the expectation that predictions obtained using quantum choice models will yield better results than the logit model, forms the main axis of the study.

**Keywords:** Quantum probability, Quantum choice model, Electric vehicle preference

1. meliskavakli@uludag.edu.tr, Bursa Uludağ University

2. kyeryigit@uludag.edu.tr, Bursa Uludağ University

## Nowcasting Bitcoin Analysis with BSTS

Selçuk KOÇ<sup>1</sup>, Seda ERTÜRK (Corresponding Author)<sup>2</sup>

After the effects of Donald Trump's tweets during his first US presidency on the economies of countries (Ertürk and Koç, 2021), the effects of his tweets about Bitcoin during his second presidency and the change in "Bitcoin" searches on Google Trends over time are important research topics in terms of how they are reflected in market fluctuations. This study examines the relationship between Donald Trump's tweets about Bitcoin, Google Trends data, and Bitcoin prices. The Bayesian Structural Time Series (BSTS) model, a statistical method based on time series analysis, is used in the research. The BSTS model offers a flexible structure to estimate trends over time, seasonal effects, and the effects of external factors on the market. In this context, causality and forecast analysis will be conducted with the BSTS model in order to determine the immediate and long-term effects of Trump's tweets on Bitcoin prices. One of the main objectives of the study is to understand how social media interactions and the discourses of leading figures can affect volatility in financial markets. While Google Trends data reflects the level of interest among investors in Bitcoin, Twitter data provides important clues about market sentiment. The findings of the study will provide valuable insights for policymakers, investors, and financial analysts, contributing to a better understanding of the role of social media in the markets.

Keywords: Bayesian Structural Time Series, Bitcoin, Twitter, Google Trends

1. selcukkoc@kocaeli.edu.tr, Kocaeli University

2. sedaerturk41@gmail.com, Kocaeli University

## **A Comparative Analysis of Crude Oil Price Series Stability via Fourier-Based Unit Root Tests**

Rüya KARCI (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Asiye TÛTÛNCÛ<sup>2</sup>

Crude oil prices have been identified as a key economic and political indicator due to its position as a critical component of the global energy supply. The economic repercussions of fluctuations in the prices of these commodities are extensive, having ramifications for countries that import and export energy, financial markets and the real sector. Crude oil prices have been demonstrated to exhibit structural breaks and non-linear behaviour over time, influenced by various factors such as economic crises, geopolitical risks, supply-demand imbalances and technological developments. The analysis of the time series characteristics of oil prices is of significance for both academic literature and policymakers. The main objective of this study is to examine the stability characteristics of representative crude oil types selected from different regions from a comparative perspective. The study utilised monthly price data for five crude oils from North America, Europe, the Mediterranean, Asia and the Persian Gulf to conduct a comprehensive examination of the stability characteristics of oil prices during the period 1990:05–2020:10. The series are analysed using Fourier ADF, Fractional Fourier ADF and Fourier Wavelet ADF tests. It is evident that these tests are more sophisticated than traditional tests in that they take structural change into account. The results of the unit root tests indicate that there has been a statistically significant structural change in the variables. Furthermore, the variables do not contain a unit root in the presence of structural change. In this instance, it can be posited that the shocks applied to the variables are of a temporary nature.

**Keywords:** Crude Oil Prices, Stability, Fourier ADF Tests

**Support / sponsor note:** Not applicable

1. ruyakarci@kku.edu.tr, Kırıkkale University

2. atutuncu@kastamonu.edu.tr, Kastamonu University

## **Kuantum Mekaniği ve Derin Öğrenme ile Dinamik Mekânsal Ağırlık Matrisinin Oluşturulması: Mekânsal Ekonometride Yeni Bir Yaklaşım Önerisi**

Mehmet Kenan TERZİOĞLU<sup>1</sup>, Mehmet Ali YÜCEL (Corresponding Author)<sup>2</sup>

Mekânsal bağımlılıkların iktisadi modellemede temsili, konumsal etkileşimlerin ve bölgesel dinamiklerin anlaşılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Mekânsal modellerin ampirik güvenilirliği, etkileşim topolojisini belirleyen mekânsal ağırlık matrisinin yapısına bağlı olmaktadır. Araştırmacı tarafından a priori tanımlanan, veri üretim sürecinden bağımsız ve sabit olan konvansiyonel/geleneksel yaklaşımlar, modelde yanlış tanımlama riskine, parametre tahminlerinde sapmalara ve nedensel çıkarım gücünün sınırlanmasına yol açabilmektedir. Çalışma kapsamında, söz konusu metodolojik sınırlılıkları aşmak amacıyla, mekânsal ağırlık matrisini verinin istatistiksel yapısından türeyen endojen bir yapı olarak tanımlayan, kuantum mekaniği ve derin öğrenme destekli özgün bir metodoloji önerilmektedir. Önerilen yaklaşımda, sentetik olarak üretilmiş çok boyutlu öznelik vektörleri, Mahalanobis dönüşümüyle kovaryans bağımlılıklarından arındırılarak istatistiksel olarak homojen bir forma dönüştürülmekte ve elde edilen bu form, ortonormal (birbirine dik ve birim uzunlukta) Hilbert uzayında kuantum durum vektörleri olarak temsil edilmektedir. Konumlar arası etkileşimler, klasik korelasyonların ötesinde; bağlamsal asimetrisi, yerel olmayan bağımlılıkları ve çok katmanlı ağ yapılarındaki yapısal bağımlılıkları kapsayacak biçimde, kuantum dolanıklığı formülasyonu çerçevesinde modellenmektedir. Bu yaklaşım, sınırdaşığa dayalı geleneksel bağımlılık tanımlarının ötesine geçerek, hem mekânsal-topolojik hem de bağlamsal-işlevsel düzeyde, eşzamanlı ve yönlü bağımlılıkların, ortak bir kuantum durum vektörü temsili üzerinden ifade edilmesine imkân tanımaktadır. Konumların dolanıklık düzeyleri ise, indirgenmiş yoğunluk matrisinden türetilen Von Neumann entropisi aracılığıyla hesaplanmaktadır. Kuantum-temelli mekânsal etkileşim ölçütlerinden türetilen yüksek boyutlu tensörler, mekânsal topoloji ile zamansal evrimi eşzamanlı öğrenebilen hibrit bir derin öğrenme mimarisi ile işlenmektedir. Hibrit derin öğrenme mimarisi, düğümler arası etkileşim yoğunluğunu endojen olarak öğrenen GAT katmanlarını, sistemin kısa dönem bağımlılığını modelleyen LSTM birimlerini ve her bir zaman kesitindeki uzun dönem bağımlılıkları yakalayan Transformer mekanizmalarını içermektedir. Çalışmada oluşturulan dinamik mekânsal ağırlık matrisi ile klasik matris, Mekânsal Otoregresif (SAR) model çerçevesinde karşılaştırılmakta; sonuçlar, önerilen yapının daha kapsamlı, tutarlı ve açıklayıcı çıktılar ürettiğini göstermektedir. Bu yönüyle çalışma, mekânsal ekonometride literatürde ilk kez önerilen dinamik ve bağlamsal olarak optimize edilmiş mekânsal ağırlık matrisi yaklaşımı ile yeni bir paradigma sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Mekansal Ekonometri, Kuantum Mekaniği, Derin Öğrenme

1. kenanterzioglu@trakya.edu.tr, Trakya Üniversitesi

2. maliyucel@trakya.edu.tr, Trakya Üniversitesi

## **Türkiye’de İşsizlik Histerisinin Test Edilmesi: Yapay Sinir Ağları (ANN) Birim Kök Testi Yaklaşımı (1923–2024)**

Oktay KIZILKAYA<sup>1</sup>, Gökhan KONAT (Corresponding Author)<sup>2</sup>, Fatma KIZILKAYA<sup>3</sup>, Ayşegül HAN<sup>4</sup>

İşsizlik histerisi hipotezi, ekonomik şokların işsizlik oranları üzerinde uzun vadeli ve kalıcı etkiler bırakabileceğini yani işsizlik oranlarının doğal seviyesine otomatik olarak geri dönmeyebileceğini ileri sürmektedir. Bu hipotez, özellikle ekonomik krizler, yapısal dönüşümler ve büyük ölçekli toplumsal olayların işgücü piyasaları üzerindeki kalıcı etkilerini açıklamada önemli bir teorik çerçeve sunmaktadır. Bu bağlamda Türkiye için işsizlik histerisinin varlığını test etmek amaçlanmaktadır. Araştırmanın kapsamı, Cumhuriyet’in kuruluşundan günümüze kadar uzanan yaklaşık bir asırlık veri setini kapsamaktadır. Analizlerde Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Bulutay (1995)’in çalışmasından derlenen yıllık işsizlik oranı verileri kullanılmıştır. Yöntem olarak, geleneksel Augmented Dickey-Fuller (ADF) testine ek olarak, Yaya vd. (2021) tarafından geliştirilen yapay sinir ağı (ANN) tabanlı birim kök testi uygulanmıştır. Bu yöntem, doğrusal olmayan veri yapısını modelleme ve karmaşık dinamik ilişkileri yakalama kapasitesi sayesinde, işsizlik gibi ekonomik zaman serilerinde gözlenebilen yapısal kırılmalar ve doğrusal olmayan eğilimleri daha etkin biçimde analiz etme imkânı sunmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, geleneksel ADF birim kök testi her iki modelde de durağanlık hipotezini reddetmiştir. Ancak ANN tabanlı birim kök testi, ADF birim kök testi sonuçlarının aksine, birim kök hipotezini reddedememiştir. Bu durum, geleneksel testlerin işsizlik serisini durağan olarak değerlendirebileceğini, ancak doğrusal olmayan yaklaşımın serinin birim kök içerdiğine ve dolayısıyla işsizlik histerisinin varlığına işaret ettiğini göstermektedir. Sonuçlar, Türkiye’de işgücü piyasasında yaşanan şokların kalıcı etkiler yaratabileceğini, doğal işsizlik oranına otomatik dönüşün gerçekleşmeyebileceğini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, politika yapıcılar açısından önemlidir; zira geçici görülen olumsuzlukların uzun vadeli işsizlik sorununa dönüşmesini önlemek için proaktif istihdam politikaları, yapısal reformlar ve sürdürülebilir istihdam stratejilerinin uygulanması gerektiğini göstermektedir. Çalışma, hem uzun dönemli veri seti kullanımı hem de yeni nesil doğrusal olmayan birim kök testinin uygulaması açısından Türkiye literatürüne özgün bir katkı sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İşsizlik, Histeri, Yapay Sinir Ağları, Yapay Sinir Ağları Birim Kök Testi, Türkiye Ekonomisi.

1. oktay.kizilkaya@ozal.edu.tr, Malatya turgut özal Üniversitesi

2. gokhan.konat@inonu.edu.tr, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

3. fatma.kizilkaya@ozal.edu.tr, Malatya turgut özal Üniversitesi

4. aysegullhann@gmail.com, Bağımsız araştırmacı

## **The Impact of Health Expenditures and Socioeconomic Determinants on Life Expectancy: A Robust MARS Analysis by Income Groups**

Sinem Guler Kangalli UYAR (Corresponding Author)<sup>1</sup>

This study examines the effects of health expenditures and key socioeconomic variables, GDP per capita, infant mortality rate, the share of the population aged 65+, and mean years of schooling, on life expectancy over 2000–2022. We analyze three samples: (i) low- and lower-middle-income countries, (ii) upper-middle- and high-income countries, and (iii) the full set of countries. To mitigate the influence of outliers and capture nonlinear relationships, we employ a robust Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) algorithm. The thresholds and variable-importance rankings identified by robust MARS are policy-salient, indicating the levels at which interventions are most effective and clarifying interaction structures among covariates. The models exhibit high explanatory power, suggesting that much of the variation in life expectancy is accounted for by the included variables. Results show that infant mortality is the most influential determinant across all groups. GDP per capita is generally associated with longer life expectancy; however, this effect is not statistically significant in the low-income group, while in the high-income group it ranks second in importance after infant mortality. Mean years of schooling does not display a direct standalone effect, yet exerts significant influence through interactions, particularly with infant mortality and GDP per capita. Across country groups, we find evidence that the effects of the explanatory variables on life expectancy differ depending on whether they lie above or below specific threshold values. Overall, the findings indicate that one-dimensional policies are insufficient; effective policy design should account for threshold effects and nonlinearities.

**Keywords:** Robust MARS Algorithm; Life Expectancy; Health Expenditures.

1. skangalli@pau.edu.tr, Pamukkale University

## **Ekonomik Gösterge Odaklı LSTM Modeli İle Türkiye'de Vergi Geliri Tahmini**

Süreyya TEMELLİ (Corresponding Author)<sup>1</sup>

Bu çalışma, Türkiye'de vergi gelirlerinin GSYİH içindeki oranını tahmin etmek için Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) sinir ağlarını kullanan bir zaman serisi tahmin modeli sunmaktadır. Modelde, Dünya Bankası'ndan alınan vergi geliri, GSYİH büyümesi ve enflasyon ile ilgili geçmiş verilere yer verilmiştir. Ekonomik göstergelerdeki zamansal bağımlılıkları yakalamak amacıyla gecikmeli değişkenler oluşturmak için öznitelik mühendisliği teknikleri uygulanmıştır. Veriler, LSTM mimarisiyle uyumlu hale getirilmesi için MinMax ölçekleme yöntemiyle ön işleme tabi tutulmuştur. En az 5 katman ve verinin en az üçte biri kadar eğitim boyutu ile zaman serisi çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. LSTM modeli 32 birim, düzenleme için bir dropout katmanı ve yoğun (dense) bir çıktı katmanından oluşmaktadır. Model, Adam optimizasyon algoritması ve ortalama kare hatası kayıp fonksiyonu ile eğitilmektedir. Aşırı öğrenmeyi önlemek için erken durdurma uygulanmaktadır. Modelin başarısı, ortalama mutlak hata ve kök hata kare ortalaması ölçütleriyle değerlendirilmektedir. LSTM ağları gibi veri odaklı modellerin sınırlamaları, olağanüstü ya da benzeri görülmemiş olaylarla karşılaşıldığında belirginleşir. Bu modeller, geçmiş verilere dayalı desenleri tanıma ve tahmin etme konusunda başarılıdır; ancak, eğitim örneklerinden önemli ölçüde sapma gösteren durumlara uyum sağlamakta zorlanırlar. Bir başka ifadeyle, yeni veya beklenmedik gelişmelerin meydana geldiği durumlarda, örneğin ekonomik krizler, teknolojik atılımlar veya küresel pandemiler gibi, bu modeller doğru tahminler veya içgörüler sunmada yetersiz kalabilir. Sonuçlar, LSTM modellerinin yetersiz kalabileceği durumları gösterirken aynı zamanda ekonomik tahmin ve politika analizlerinde ekonomik teori ile gelişmiş makine öğrenimi tekniklerinin bir arada kullanılması potansiyelini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: LSTM, Zaman Serisi Tahmini, Vergi Gelirleri

Support / sponsor note: Not applicable

1. sureyyadal@trakya.edu.tr, Trakya University

## **Exchange Rate Pass-Through in the Turkish Economy: A Comparison of the Pre- and Post-Pandemic Periods Using the MIDAS Approach**

Serkan SAMUT (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Murat Can GENÇ<sup>2</sup>

In traditional multivariate time series models, the variables are expected to be of the same sampling frequency. When variables have different frequencies, high-frequency variables are often temporally aggregated. However, this transformation process may overlook important dynamics contained in the high-frequency data. To address this issue, Ghysels et al. (2004) developed the Mixed Data Sampling (MIDAS) model, which allows for the direct estimation with variables sampled at different frequencies within the same model. Furthermore, Ghysels and Miller (2015) provided a theoretical and empirical framework for testing potential cointegration relationships between variables of different frequencies using the MIDAS approach. In the present study, the long-run effects of exchange rate pass-through (ERPT) in the Turkish economy were analyzed using the MIDAS model. To measure this effect, the Consumer Price Index (CPI) at a monthly frequency was used as the dependent variable, while the nominal exchange rate at a weekly frequency and the import unit value index at a monthly frequency were used as independent variables. In addition, Fourier terms were included in the analysis to capture smooth structural breaks. For the period January 2003 - June 2025, the results indicate the existence of a cointegrating relationship between the variables, with the long-run ERPT coefficient estimated at 1.004 and found to be statistically significant. This finding suggests that exchange rate shocks in the Turkish economy are fully transmitted to the CPI approximately full pass-through. To examine the long-run effect of ERPT in the pre-pandemic period, the same analyses used in the study were re-applied to the dataset up to March 2020. The results reveal that a cointegration relationship also exists in the pre-pandemic period, with the long-run ERPT coefficient estimated at approximately 0.880, which is also statistically significant. This indicates that the ERPT in the Turkish economy increased after COVID-19, strengthening inflation dynamics through the import price channel.

**Keywords:** MIDAS Model, Mixed-Frequency Data, Exchange Rate Pass-Through, Cointegration Analysis

1. serkan.samut@ktu.edu.tr, Karadeniz Technical University

2. mcgenc@ktu.edu.tr, Karadeniz Technical University

## Global Variability of the COVID-19 Stringency Index

Esma BIRISCI (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Ramazan ÖZ<sup>2</sup>

This study investigates the impact of lockdown measures on daily life during a pandemic, focusing on the COVID-19 Stringency Index. Despite its broad usage, the index's validity and applicability across countries have raised concerns. The study aims to evaluate the effectiveness and cross-national relevance of the index by examining how consistently it reflects policy impacts in different national contexts. Advanced classification techniques—including Random Forest, K-Nearest Neighbors, and Support Vector Machine algorithms—are employed to assess the Stringency Index's robustness. Data from twelve countries are analyzed individually and as a unified dataset, allowing comparison of predictive accuracy to determine the index's effectiveness across national contexts. The analysis shows an impressive average accuracy rate of 80% for individual national datasets. However, when the data from all twelve countries is combined into a unified dataset, the accuracy rate drops to approximately 60%. This discrepancy suggests significant limitations, likely due to differences in public sensitivity to COVID-19 restrictions and variations in data reporting practices across countries. The findings indicate that the COVID-19 Stringency Index may not consistently convey equivalent implications across diverse national contexts. To improve pandemic policy metrics, there is a need for indices that are adaptable and culturally responsive, considering cross-national variations and public sensitivity. This study contributes methodologically by evaluating machine learning models for policy index robustness and conceptually by advocating for indices that reflect contextual diversity. Insights from this research aim to inform future strategies that support global public health through responses that are both data-driven and culturally relevant.

Keywords: COVID-19 Stringency Index, Data mining, Random Forest, Cross-national analysis

1. esmabirisci@uludag.edu.tr, Bursa Uludag University

2. ramazan.oz@belek.edu.tr, Antalya Belek University

## The Time Series Nature of Population Aging in Turkey: Growth Path or Chaos?

Seda ERTÜRK (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Selçuk KOÇ<sup>2</sup>

This study aims to analyze the long-term dynamics of population aging in Turkey and to determine whether the process follows a deterministic trend or exhibits a low-dimensional deterministic chaotic structure. The main hypothesis suggests that aging follows a deterministic and predictable trend, whereas the alternative hypothesis posits that it displays chaotic behavior. To test these hypotheses, median age and the share of population aged 65+ for the period 1950–2023 are evaluated using unit root tests and structural break tests. On detrended series, the BDS test is employed to detect nonlinear dependence, and the Hurst exponent is estimated to identify long-term memory structure. Subsequently, the False Nearest Neighbors (FNN) method is applied to determine the optimal embedding dimension, and finally, the presence of chaotic dynamics is tested through Lyapunov exponent estimation. The analysis results are interpreted from two distinct policy perspectives. If population aging demonstrates a trend-dominant structure, demographic projections gain reliability, enabling long-term and stable investment planning in social security, healthcare infrastructure, and labor market policies. Conversely, if aging exhibits chaotic dynamics, although short-term predictability may be high, long-term uncertainty escalates rapidly. In such a scenario, adaptive policy frameworks, scenario management, and frequent data updates become essential. By defining the predictability horizon of population aging in Turkey, this study aims to contribute both to the academic literature and to strategic decision-making for policymakers.

Keywords: Population aging, time series analysis, chaos theory, Lyapunov exponent, Turkey, demographic projections.

Support / sponsor note: Not applicable

1. sedaerturk41@gmail.com, Kocaeli University

2. selcukkoc@kocaeli.edu.tr, Kocaeli University

## **Cluster Analysis and Mapping of Apartment Buildings in Istanbul Based on Physical Characteristics**

Bilge Kağan ÖZBAY (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Berker DAL<sup>2</sup>, Sinem Güler Kangalli UYAR<sup>3</sup>

The advancement of urbanization has led to the diversification of building stocks and the differentiation of energy consumption patterns in cities worldwide. Similar trends are observed in Turkey, where the physical and energy characteristics of apartment-type buildings vary significantly across urban areas. While modern, high-rise buildings dominate large metropolitan areas, smaller and medium-sized cities are generally characterized by older, low-rise buildings with lower insulation quality. Istanbul, in particular, exemplifies this diversity by encompassing both modern high-rise apartments and older building stocks. Such heterogeneity has a substantial impact on the city's overall energy efficiency and sustainability potential, making detailed and comprehensive analyses essential. In this context, the present study aims to cluster and map apartment-type buildings in Istanbul using their physical characteristics through various clustering techniques. The dataset used in the analysis is derived from Energy Performance Certificates (EPCs) prepared for buildings. It includes 59,824 apartment observations and contains a wide range of variables that reflect building energy performance—such as thermal transmittance coefficients of structural elements, building age, number of floors and height, as well as the power capacities of heating, cooling, domestic hot water, and lighting systems. Additionally, meteorological variables such as average wind speed and average temperature are included to represent climatic conditions. Using this dataset, K-Means, DBSCAN, Gaussian Mixture, and Hierarchical clustering algorithms were applied to identify groups of buildings with similar physical and energy characteristics. The results reveal that apartment buildings in Istanbul exhibit significant heterogeneity in terms of their physical and energy-related properties. Buildings in different regions can be grouped based on structural elements, age, and number of floors, reflecting the diversity of energy consumption patterns across the city. Overall, the findings provide valuable insights for assessing the energy performance of existing buildings and for developing targeted energy efficiency and sustainability strategies.

**Keywords:** Clustering Algorithms, Spatial Mapping, Energy Performance Indicators

1. bkozbay@pau.edu.tr, Pamukkale University

2. bdal@pau.edu.tr, Pamukkale University

3. skangalli@pau.edu.tr, Pamukkale University

## **Dolarizasyon, Faiz Oranı Ve Kur Dinamikleri Arasında Doğrusal Olmayan İlişkiler: Türkiye Örneğinde SETAR Yaklaşımı**

Erkan AĞASLAN (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Atilla GÖKÇE<sup>2</sup>, Hasan TÜRE<sup>3</sup>

Gelişmekte olan ülkelerde finansal istikrarın en önemli belirleyicilerinden birisi dolarizasyon olgusudur. Ülkede yaşayan yerleşiklerin sürekli değer kaybetme eğiliminde olan ulusal para birimi yerine yabancı para birimini tercih etmeye başlaması ülkelerin merkez bankalarının para politikası kararlarında etkinliklerini yitirmesine sebep olabilmektedir. Türkiye ekonomisinde değişkenlik gösteren faiz kararları, özellikle reel faiz oranını değiştirmekte ve döviz kuru hareketleriyle birlikte dolarizasyon sürecinin yönünü belirleyen başlıca makroekonomik faktörlerden biri olmaktadır. Bu kapsamda çalışmada, dolarizasyon oranının dinamikleri, faiz oranı ve döviz kuru etkileşimleri çerçevesinde doğrusal olmayan modeller ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın veri seti, TCMB Elektronik Veri Dağıtım Sistemi'nden elde edilen haftalık politika faiz oranı, USD/TRY kuru ve yabancı para mevduatların toplam para arzının içerisindeki oranı olarak ifade edilen dolarizasyon göstergelerinden oluşmaktadır. Türkiye ekonomisindeki rejim değişimlerini yakalayabilmek amacıyla Self-Exciting Threshold Autoregressive (SETAR) modeli kullanılmıştır. Bulgular, politika faiz oranının yaklaşık %15,5 düzeyinde kritik bir eşik değer oluşturma eğiliminde olduğunu ve bu eşik değer altında dolarizasyon dinamiklerinin daha dengeleyici olduğunu göstermektedir. Bu oranın üzerinde olduğu aksi durum ise dolarizasyon dinamiklerinin daha kalıcı ve ivmelenen nitelikte olduğuna işaret etmektedir. Bununla beraber kur hareketlerinin yüksek faiz rejiminde dolarizasyonu daha da güçlendirdiği, düşük faiz rejiminde ise bu etkinin sınırlı kaldığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, faiz ve kur politikalarının dolarizasyon süreci üzerinde doğrusal olmayan ve rejime bağlı etkiler doğurduğunu ortaya koymakta; bu durum, finansal istikrar politikalarının tasarımında esnek ve rejim-duyarlı yaklaşımların gerekliliğini vurgulamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Dolarizasyon, Politika Faizi, Döviz Kuru, SETAR Modeli, Finansal İstikrar

**Support / sponsor note:** Not applicable

1. erkanagaslan@gmail.com, Kütahya Dumlupınar University

2. atilla.gokce@hbv.edu.tr, Ankara Hacı Bayram University

3. hasan.ture@hbv.edu.tr, Ankara Hacı Bayram University

## **Spatial Correlation Analysis of the Social and Economic Development Ranking of Turkey's Provinces**

Fatma ZEREN (Corresponding Author)<sup>1</sup>, Tuğba Erdem ALADAĞ<sup>2</sup>, Osman PEKER<sup>3</sup>

Today, spatial data not only provide information about the physical characteristics of a location but also allow for the analysis of relationships between these locations. However, classical statistical methods, especially when dealing with binary or categorical variables, are often insufficient to reveal how these relationships are organized in space. Yet, many types of social data—such as crime rates, education levels, population growth, or health indicators—often take discrete rather than continuous values. This limits the flexibility of traditional spatial analyses. At this point, local spatial statistics developed for categorical variables, particularly Join Count statistics, which represent an alternative interpretation of LISA-type analyses, become highly relevant. These methods not only show the spatial distribution of values but also reveal whether areas with the same value are spatially clustered. For instance, testing whether neighborhoods with positive population growth in a city are adjacent to each other answers not only the question “where is there growth?” but also “is this growth clustering?” Spatial analyses with categorical variables are of great importance, especially in guiding strategic interventions in decision support systems, urban planning, public health, and security. This is because what matters is not only the variable itself but also its spatial context, which provides policymakers with critical insights. For example, the clustering of similar types of crime in the same neighborhoods can serve as an important clue in preventive policy strategies. In this context, this study includes an application on local spatial autocorrelation analyses developed for categorical variables, namely Quantile LISA and Join Count statistics. For the purpose of the application, the socio-economic development indicator of Turkey's 81 provinces will be used.

**Keywords:** spatial dependence, Join Count Statistics, Subjective Poverty, Turkey Provinces

1. fatma.zeren@inonu.edu.tr, İnönü University

2. erdem.mt@gmail.com, İnönü University

3. ottopeker@gmail.com, Adnan Menderes University

## **Structural Breaks and Fourier Cointegration in the Dynamics of PETKIM Stock Prices and the USD/TL Exchange Rate**

Nazrin Gurban BURJALIYEVA (Corresponding Author)<sup>1</sup>

This article investigates the dynamic interaction between Petkim stock prices and the USD/TL exchange rate from 1 May 2023 to 29 March 2024, using 240 daily observations. Bai–Perron multiple structural break tests identify significant regime shifts in both series, underscoring that the relationship is time-varying rather than stable. Focusing on the first identified regime (1 May – 23 June 2023), Augmented Dickey–Fuller tests confirm non-stationarity at levels and stationarity at first differences. Frequency-domain Granger causality analysis reveals strong unidirectional causality from the exchange rate to Petkim prices across low- and medium-frequency bands, while the reverse effect remains weak. Within the same regime, incorporating Fourier functions into the Johansen framework provides robust evidence of at least one cointegrating vector, indicating a long-run equilibrium relationship despite short-run volatility. Estimation of a Fourier Vector Error Correction Model shows that deviations from equilibrium are corrected more rapidly in stock prices than in the exchange rate, highlighting asymmetric adjustment dynamics. Given Petkim’s dependence on foreign currency inputs and export revenues, its stock valuation is naturally tied to exchange rate movements. Overall, the findings emphasize the decisive role of currency fluctuations in firm-level pricing and demonstrate the methodological importance of Fourier functions for capturing regime-dependent financial relationships.

**Keywords:** Structural breaks; Frequency-domain Granger causality; Fourier Johansen Cointegration test; Fourier Vector Error Correction Mode

**Support / sponsor note:** Not applicable

1. nazrin.burcaliyeva@gmail.com, Baku State University

## **Foreign Exchange Rate Forecasting Using Machine Learning Methods and Determining Variable Importance Ratings With Explainable Artificial Intelligence**

Hasan Söyler<sup>1</sup>, Mustafa Gökçe (Corresponding Author)<sup>2</sup>

The exchange rate is an important variable that affects inflation, imports, exports and the trade balance. Changes in global capital flows, particularly monetary policies implemented by the US Federal Reserve (FED), have an impact on developing countries. Unexpected changes and uncertainties in the exchange rate negatively affect economic balance and stability, increasing country risk premiums, fragility, and inflation, and potentially leading to economic crises. From an economic and fiscal policy perspective, the predictability of the exchange rate is crucial. In addition to econometric methods, non-linear machine learning methods are used in economic and financial analyses and yield successful results. In this study, unlike previous studies in the literature, prediction accuracies were compared based on RMSE and MAPE error values using boost algorithms (XGBoost, LightGBM, CatBoost), YDF methods (YDF-Random Forest, YDF-Gradient Boosting), and deep learning methods. After the exchange rate forecast was made, the SHAP (SHapley Additive exPlanations) method, developed for the model's explainability, was used. This method determines the direction and extent of the independent variables' impact on the forecast model. Thus, the decision structure of machine learning methods, which operate as a black box, is explained. The study utilised monthly money supply, inflation, interest rates, reserves, stock market, industrial production, and export-import ratio variables for the years 1990-2025. Among these variables, the best prediction results were obtained with the BIST, SP500, reserves, gold ounce, US and Turkish money supply variables. The best prediction success was achieved with the deep learning method (RMSE=1.921 and MAPE=0.049). By analysing the effects of the variables with the SHAP analysis method, it was concluded that the variables with the highest impact magnitude were, in order, BIST, SP500, US money supply, Turkish money supply, reserves, and gold ounce value.

**Keywords:** Exchange Rate, Machine Learning, Price Prediction, SHAP Analysis.

<sup>1</sup> hasan.soyler@inonu.edu.tr, İnönü University

<sup>2</sup> mugokce@gmail.com, Milli Eğitim Bakanlığı

# **PROCEEDINGS**

## TÜRKİYE'DE DOĞRUDAN YABANCI YATIRIMLARIN MAKROEKONOMİK BELİRLEYİCİLERİNİN ANALİZİ: ARDL YAKLAŞIMI (1990–2024)

Çetin Görür<sup>1</sup>

### ÖZ

Doğrudan yabancı yatırım (DYY), sermaye birikimi, teknoloji transferi, istihdam yaratımı ve küresel ekonomiyle entegrasyonu sağlayarak ekonomik kalkınmada kritik bir rol oynar. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için DYY çekmek, verimliliği artırmak ve sürdürülebilir büyümeyi sağlamak açısından büyük önem taşır. Bu çalışma, 1990-2024 döneminde Türkiye'de doğrudan yabancı yatırımları etkileyen ekonomik büyüme, istihdam ve enflasyon etkilerini detaylı şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Bu dönem, Türkiye'nin yatırım ortamında önemli ekonomik dönüşümler ve politika değişikliklerini içermektedir. Analiz için ilgili değişkenlere ait yıllık veriler Dünya Bankası'ndan temin edilmiştir. Değişkenlerin farklı entegrasyon derecelerine sahip olması sebebiyle, kısa dönem dinamikleri ve uzun dönem denge ilişkilerini incelemek amacıyla Otoregresif Dağıtımli Gecikmeli (ARDL) sınır testi yöntemi tercih edilmiştir. Sonuçlar, değişkenler arasında uzun dönem dengeli bir eşbütünleşme ilişkisi olduğunu göstermiş ve ARDL modelinin kullanımını doğrulamıştır. Ampirik bulgular, ekonomik büyümenin DYY girişleri üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, büyüyen ekonomilerin yabancı yatırımcılar için pazar potansiyeli ve kârlılık sinyali verdiğini göstermektedir. Buna karşılık, istihdam ve enflasyon değişkenleri ise DYY üzerinde anlamlı ve negatif etki yapmaktadır. Bu da işgücü piyasası koşulları ve makroekonomik istikrarsızlığın yabancı yatırımları olumsuz etkileyebileceğini işaret etmektedir. Modelin açıklayıcılığı yüksek olup,  $R^2$  değeri 0,907 ve düzeltilmiş  $R^2$  değeri 0,820 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, tüm klasik regresyon varsayımlarının sağlanması, bulguların güvenilirliğini desteklemektedir. Genel olarak, bu araştırma Türkiye'de DYY'nin belirleyicilerine ilişkin güncel ve kapsamlı ampirik kanıtlar sunarak, ekonomik politika geliştirme sürecine değerli katkılar sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Doğrudan yabancı yatırım, ekonomik büyüme, istihdam, enflasyon, ARDL koentegrasyon

## ANALYZING THE MACROECONOMIC DETERMINANTS OF FOREIGN DIRECT INVESTMENT IN TÜRKİYE: AN ARDL APPROACH (1990–2024)

### ABSTRACT

Foreign direct investment (FDI) serves as a crucial driver for economic development by facilitating capital accumulation, technology transfer, employment creation, and integration into the global economy. For emerging economies like Türkiye, attracting FDI is essential to enhance productivity and sustain long-term growth. This study aims to comprehensively examine the effects of key macroeconomic determinants—namely economic growth, employment, and inflation—on FDI inflows in Türkiye, covering the period from 1990 to 2024. The choice of this timeframe captures significant economic transitions and policy shifts that have shaped Türkiye's investment climate. Data for the analysis were obtained from the World Bank, encompassing annual observations on the relevant variables. Given that the variables exhibited different orders of integration, the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) bounds testing approach was employed to investigate both short-run dynamics and long-run equilibrium relationships without the prerequisite of uniform stationarity. The results reveal evidence of a stable long-run cointegration among the variables, validating the use of the ARDL model. Empirical findings indicate that economic growth positively and significantly influences FDI inflows, underscoring the role of a growing economy in attracting foreign investors by signaling market potential and profitability. Conversely, both employment levels and inflation rates display statistically significant negative relationships with FDI, suggesting that labor market conditions and macroeconomic instability may deter foreign investment. The estimated model demonstrates excellent explanatory power, with an  $R^2$  of 0.907 and an adjusted  $R^2$  of 0.820, and diagnostic tests confirm that all classical regression assumptions are satisfied, ensuring the reliability of the results. Overall, this research contributes to the existing literature by providing updated empirical evidence on the determinants of FDI in Türkiye using a rigorous econometric framework, offering actionable insights for economic policy design.

**Keywords:** Foreign direct investment, economic growth, employment, inflation, ARDL cointegration

<sup>1</sup> Öğr. Gör. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

## INTRODUCTION

Foreign direct investment (FDI) is commonly defined as a long-term cross-border investment by a resident entity of one economy that enables a lasting interest and significant degree of control in an enterprise located in another economy. Unlike portfolio flows, FDI provides not only financial capital but also facilitates technology transfer, managerial expertise, and access to global markets, thereby serving as an important driver of development in host countries. For developing economies such as Türkiye, FDI constitutes a stable source of external finance and has the potential to enhance productivity, innovation, and competitiveness (Dunning, 1993; UNCTAD, 2023).

The relationship between FDI and economic growth has been widely analyzed in both theoretical and empirical literature. According to the neoclassical growth model, FDI contributes to economic growth by augmenting capital accumulation and thereby raising output in the host economy (Solow, 1956). Endogenous growth theory extends this argument by suggesting that FDI stimulates growth not only through capital but also via technology spillovers, knowledge transfer, and human capital development (Romer, 1986). Empirical evidence supports these claims, with Borensztein, De Gregorio, and Lee (1998) showing that FDI is more effective than domestic investment in fostering growth, provided the host country possesses sufficient absorptive capacity.

FDI also has important implications for employment. From a neoclassical perspective, foreign investment is expected to create new job opportunities by expanding production capacity and generating demand for labor. In Türkiye, the increase in the number of foreign-invested firms over the last two decades illustrates the potential of FDI to stimulate employment. However, the critical school emphasizes that the employment effects of FDI are not always straightforward, as inflows may result in profit repatriation, limited local linkages, or the displacement of domestic firms (Mencinger, 2003). This dual perspective highlights the importance of country-specific empirical analyses to assess the net impact of FDI on labor markets.

The nexus between FDI and inflation is more ambiguous. On the one hand, high and volatile inflation discourages foreign investors by increasing uncertainty and transaction costs, thereby reducing FDI inflows. On the other hand, moderate levels of inflation may not deter investment and could even encourage capital inflows by reducing the real cost of borrowing and stimulating demand (Mundell, 1963; Tobin, 1965). Recent empirical studies further suggest that the relationship between FDI and inflation may be nonlinear, with effects varying between the short and long run (Mahmoodi & Mahmoodi, 2016).

Recent empirical studies have examined the determinants of foreign direct investment (FDI) from diverse perspectives, focusing particularly on taxation, globalization, institutional quality, and macroeconomic stability. For instance, Harman et al. (2024) investigated the effects of tax wedges on FDI across 37 OECD countries over the period 2000-2022. Their results, based on random effects and feasible generalized least squares estimations, indicated that a 1% increase in the tax wedge reduces FDI by 0.16%, highlighting the deterrent role of taxation in attracting foreign capital. In a similar line, Yıldırımçakar et al. (2021) analyzed different types of taxes-international trade, income, profit, and customs duties-for 36 OECD countries between 1995-2019 and found that these taxes exerted a long-term negative impact on FDI inflows. Complementary evidence is provided by Hizarcı Beşer and Hoxha (2024), who explored Albania's tax reforms and found that improvements in the tax system played a significant role in attracting foreign investors, even though FDI stock levels remained below expectations.

The role of globalization and trade openness has also been a recurring theme in the literature. Uğurlu (2024), applying the ARDL approach for Türkiye between 1973 and 2020, revealed that

globalization-as measured by the KOF Globalization Index-positively affected FDI inflows in the long run, alongside GDP per capita and trade openness, while inflation reduced foreign capital inflows. Similarly, Tavus and Azazi (2024) used Johansen cointegration techniques for Türkiye (1970-2022) and confirmed a positive long- and short-term relationship between trade openness and FDI, with causality tests further showing a one-way causality from trade openness to foreign investment. On a broader scale, Değirmenci et al. (2024) analyzed BRICS-T countries between 1995–2021 and concluded that economic globalization fosters FDI inflows in Brazil, India, and in the overall panel, while tax burdens negatively affected South Africa but increased FDI in Türkiye.

In addition to globalization, institutional quality and domestic savings are critical factors linked to FDI inflows. Bozkurt (2024), employing an augmented ARDL model for the period 1995–2023, found a long-run relationship among FDI, institutional quality, and domestic savings in Türkiye. The results highlighted that improvements in institutional quality and rising FDI positively influence domestic savings. Similarly, Ateş and Arslan (2025) emphasized the importance of economic complexity, showing that higher complexity levels, driven by innovation and skilled labor, significantly attract more FDI in a panel of 127 countries during 2000–2019. These findings underscore the role of knowledge-based policies and institutional development in fostering sustainable capital inflows.

Other studies have explored the implications of global uncertainty and geopolitical risks. Akdağ and İskenderoğlu (2025) applied Granger and frequency domain causality methods to examine the relationship between FDI and uncertainty indicators (EPU, WUI, GPR, VIX) for several Eurasian countries, including Türkiye, over the period 1993–2021. Their results revealed country-specific causality patterns, showing that uncertainty influences FDI inflows differently depending on the economic and political context. Likewise, Akpilic (2025), using system GMM for 122 countries, demonstrated that global uncertainties tend to reduce FDI inflows in emerging and low-income economies, though the presence of strong institutional frameworks and financial development can mitigate these negative effects.

Several contributions have also evaluated the attractiveness of FDI in emerging economies using multi-criteria approaches. Aydemir (2025) assessed BRICS-T countries during 2019-2023 with MCDM methods, finding that indicators such as the corruption perception index and economic freedom index are significant determinants of FDI attractiveness, while Türkiye, China, and India emerged as the leading destinations. Similarly, Chen et al. (2023) examined Chinese FDI in Japan and emphasized the importance of business and national determinants-including intellectual property, managerial practices, and innovation-in shaping international investment decisions. Dang et al. (2024), focusing on Vietnam, highlighted the significance of both hard and soft infrastructure in shaping investor satisfaction and loyalty, suggesting that policy improvements in these areas can enhance FDI sustainability.

Studies focusing on the Middle East and developing economies further expand the debate. Elimam and Alattas (2025), employing ARDL models for Saudi Arabia (1980–2022), concluded that FDI exerts a positive and significant effect on sustainable economic growth, with evidence of bidirectional causality. Zaharum et al. (2024) found that in Malaysia, GDP, inflation, and exchange rates positively influenced FDI, while real interest rates, trade openness, and unemployment had negative effects. Similarly, Fitriyani and Andrian (2024) investigated Indonesia (2010–2022) using GMM estimations, reporting that infrastructure, macroeconomic stability, and market size significantly shape FDI inflows. Maibetly and Idris (2021) extended the analysis to ASEAN+3 lower-middle-income countries (2011–2019), finding that ICT and trade openness positively affected FDI, while GDP, population, and inflation exerted negative impacts.

Overall, the reviewed literature highlights the multidimensional nature of FDI determinants, encompassing taxation, globalization, institutional capacity, uncertainty, and macroeconomic stability. While some studies underline the enabling role of globalization and institutional quality, others stress the negative impact of taxation and uncertainty on foreign capital. These mixed results suggest that the relationship between FDI and its determinants is highly context-specific, warranting country-level empirical analysis such as the present study focusing on Türkiye.

Against this backdrop, the purpose of this study is to investigate the dynamic relationships between FDI and key macroeconomic variables-economic growth, employment, and inflation-in the context of Türkiye. By applying the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model, the study aims to capture both the short-run adjustments and the long-run equilibrium linkages among these variables. This approach not only contributes to the empirical literature on FDI but also provides policy-relevant insights into how Türkiye can better leverage foreign investment to foster sustainable growth, improve labor market outcomes, and maintain macroeconomic stability.

## 1. MATERIAL AND METHOD

This study employs annual time series data covering the period 1990–2024 for Türkiye, obtained from the World Bank database. The dependent variable is foreign direct investment (FDI), while the independent variables are economic growth, employment, and inflation, which are considered the main macroeconomic determinants of FDI inflows. To investigate both short-run dynamics and long-run equilibrium relationships among the variables, the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model developed by Pesaran, Shin, and Smith (2001) is applied. The ARDL approach is particularly suitable in this context as it allows for the estimation of cointegration relationships irrespective of whether the underlying series are integrated of order  $I(0)$  or  $I(1)$ , provided none is  $I(2)$ . In addition, the model efficiently captures dynamic adjustments through the error correction mechanism, thereby offering robust insights into the temporal interactions between FDI and the selected macroeconomic variables. Eviews 12 program was used for analysis in the study.

### 1.1. Stationarity in Time Series

Stationarity refers to the condition in which the mean and variance of a time series remain constant over time. A stationary series fluctuates around its mean and tends to return to equilibrium after temporary shocks. The presence of a unit root indicates non-stationarity, which may lead to spurious regression results and unreliable inferences (Altun et al., 2018; İşleyen et al., 2018; Demir et al., 2023). Thus, testing for stationarity is essential to ensure the validity of econometric models.

Unit root tests are the most widely used tools for examining stationarity. The Dickey-Fuller (DF), Augmented Dickey-Fuller (ADF), and Phillips-Perron (PP) tests are frequently applied. Since the assumption of stationarity is critical in econometric modeling and financial analysis, the absence of this property may produce biased or misleading results. Therefore, determining the stationarity of the series and conducting relevant tests constitute a fundamental step in time series analysis (Demir et al., 2023).

### 1.2. Augmented Dickey Fuller Test

The ADF test is one of the most widely used statistical procedures for testing the presence of a unit root in time series. While the standard DF test assumes an  $AR(1)$  process without autocorrelation in the error term, the ADF test improves this framework by including lagged values of the dependent variable to account for autocorrelation in higher-order autoregressive processes (Konaklı, 2020). A fixed+trend model was created by adding  $\beta_1 t$  to the fixed model.

Thus, equation (1) represents the fixed model and equation (2) represents the fixed+trend model.

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2)$$

where;  $\Delta y_t$ ; represents the first difference of the variables,  $y_{t-1}$ ; lagged difference trend,  $t$ ; a time trend,  $\beta_0$ ; constant term,  $p$ ; appropriate lag length,  $\varepsilon_t$ ; error term,  $\beta_1$ ,  $\delta$  and  $\alpha$ ; represent the relationship coefficients (Pata et al., 2016; Demir et al., 2023). Hypothesis tests for ADF are established as follows.

$H_0$ :  $\delta = 0$  (The series is not stationary)

$H_1$ :  $\delta \neq 0$  (The series is stationary)

The null hypothesis of the ADF test assumes the presence of a unit root (non-stationarity), whereas the alternative hypothesis suggests stationarity (Hamilton, 1994; Enders, 2014; Demir et al., 2023).

### 1.3. Stationarity in Time Series

The PP unit root test is a transformation of the ADF test and asymptotically removes the dependence on parameters. In the PP approach, the regression equations in the DF procedure have been replaced with a transformation of the test statistic. This test gives stronger results than DF and ADF tests in the stationarity analysis of trending time series.

$$y_t = \hat{\mu} + \hat{\alpha} y_{t-1} + \hat{\varepsilon}_t \quad (3)$$

$$y_t = \bar{\mu} + \bar{\alpha} y_{t-1} + \bar{\beta} \left( t - \frac{1}{2} T \right) + \bar{\varepsilon}_t \quad (4)$$

The equations related to the test are given in equations (3) and (4). Here, the coefficients of the OLS regression model are denoted by  $\mu$ ,  $\alpha$  and  $\beta$ , the number of observations is  $T$ , and the error term is  $\varepsilon$ . Since the data generation process, t-statistics, and coefficients remain the same when a non-zero constant term is added to the models given in equations (3) and (4), equation (5) can be used instead.

$$y_t = \mu + \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Since the PP test shares the same limiting distribution as the DF test, critical values from the DF tables are also used for PP results (Hamilton, 1994; Enders, 2014; Konaklı, 2020; Demir et al., 2023). The hypotheses for the PP unit root test are established as follows (Demir, 2021).

$H_0$ :  $\delta = 0$  or  $\rho = 1$  (The series is non-stationary or contains a unit root)

$H_1$ :  $\delta < 0$  or  $\rho < 1$  (The series is stationary or does not contain a unit root).

### 1.4. Cointegration

Cointegration analysis investigates long-term relationships among non-stationary variables. When variables are cointegrated, they may not exhibit short-term causality, but they tend to move together in the long run, maintaining a stable equilibrium. This approach is widely used in financial and macroeconomic studies to examine relationships such as those between interest

rates and inflation or between exchange rates. The concept was formally introduced by Engle (1981) and Engle and Granger (1987), who emphasized that analyses conducted with non-stationary variables may lead to invalid results unless cointegration is considered (Demir, 2021; Özen et al., 2023).

### 1.5. Autoregressive Distributed Lag (ARDL)

The Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model, introduced by Pesaran and Shin (1999), enables the analysis of both short-run and long-run dynamics regardless of whether variables are integrated at  $I(0)$  or  $I(1)$ . This feature makes ARDL particularly advantageous when the order of integration is mixed. In the ARDL bounds testing procedure, if the F-statistic exceeds the upper critical value, cointegration is confirmed; if it falls below the lower bound, no cointegration exists. Inconclusive results occur when the statistic lies between the bounds. Once cointegration is established, both short-run dynamics and long-run equilibrium coefficients can be estimated, often through an error correction model (ECM). This makes ARDL a powerful tool for policy analysis and forecasting (Pesaran & Shin, 1999; Demir et al., 2023).  $t = 1, 2, 3, \dots, T$  with a time dimension, represents an ARDL  $(p, q)$  process, within the framework of an error correction model, which illustrates long-term relationships and deviations from the equilibrium point in the short term. It is expressed with the following general structure:

$$\Delta y_t = \phi y_{t-1} + \beta x_{t-1} + \sum_{j=1}^p \lambda \Delta y_{t-j} + \sum_{j=1}^q \delta_j \Delta x_{t-j} + \varepsilon_t \quad (6)$$

Short-term relationships are interpreted based on the lagged values of differences, while long-term dynamic relationships are interpreted based on the value obtained by dividing 1 by the difference between the sum of coefficients for lagged independent variables and the sum of lagged coefficients of the dependent variable, over one lag period (Demir, 2021). The following hypotheses are established in determining the cointegration relationship with the ARDL bounds test.

$H_0: y_1 = y_2 = \dots = 0$ , There is no cointegration relationship.

$H_1: y_1 \neq y_2 \neq \dots \neq 0$ , There is a cointegration relationship.

## 1. MATERIAL AND METHOD

This section presents the econometric methods used in the study and the empirical results obtained in detail. First, the stationarity properties of the series were examined using unit root tests, and it was observed that the variables were stationary at different levels. This situation made the use of the ARDL bounds test approach methodologically appropriate. Subsequently, the long-term cointegration relationship and short-term dynamics were analyzed, and the findings obtained were interpreted with the help of tables and statistical indicators. Equation (7) reports the estimated ARDL(4,2,4,4) model.

$$\begin{aligned} \Delta FDI_t = & \phi FDI_{t-1} + \beta_1 GDP_{t-1} + \beta_2 EMP_{t-1} + \beta_3 INF_{t-1} + \sum_{j=1}^4 \lambda_j \Delta FDI_{t-j} \\ & + \sum_{j=1}^2 \delta_{1j} \Delta GDP_{t-j} + \sum_{j=1}^4 \delta_{2j} \Delta EMP_{t-j} + \sum_{j=1}^4 \delta_{3j} \Delta INF_{t-j} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (7)$$

here,  $\phi, \beta_1, \beta_2$  and  $\beta_3$  are coefficients showing level (long term) indicators;  $\lambda_j$ , short-term lagged differential effects of FDI;  $\delta_{1j}, \delta_{2j}$  and  $\delta_{3j}$  represents the short-term effects of the independent variables.

Table 1 lists the dependent and independent variables, their abbreviations and the data source (World Bank WDI, 1990–2024).

**Table** Error! No text of specified style in document.. Abbreviations and references of the variables used

Variable Abbreviations	Variable Expansion	Source	Year
<b>FDI</b>	Annual Foreign Direct Investment Ratio (Dependent Variable)	World Bank Official Website ( <a href="https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators">https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators</a> )	1990-2024
<b>GDP</b>	Annual Economic Growth Rate	World Bank Official Website ( <a href="https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators">https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators</a> )	1990-2024
<b>Employment</b>	Annual Employment Rate	World Bank Official Website ( <a href="https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators">https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators</a> )	1990-2024
<b>Inflation</b>	Annual Inflation Rate	World Bank Official Website ( <a href="https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators">https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators</a> )	1990-2024

Table 1 documents that FDI (annual foreign direct investment ratio) is the model's dependent variable and the explanatory set contains GDP (annual economic growth rate), Employment (annual employment rate) and Inflation (annual inflation rate), all drawn from the World Bank WDI for 1990–2024.

Table 2 reports ADF and Phillips-Perron tests at levels (I(0)) and first differences (I(1)) for each series.

**Table 2.** Unit root tests for I(0) and I(1) levels of variables

Test	Variable	I(0)				I(1)			
		Intercept		Trend and Intercept		Intercept		Trend and Intercept	
		t-st.	p-value	t-st.	p-value	t-st.	p-value	t-st.	p-value
ADF	<b>FDI</b>	-2.331	0.168	-2.320	0.412	-5.350	<0.001	-5.308	<0.001
	<b>GDP</b>	-6.1739	<0.001	-6.181	<0.001				
	<b>Employment</b>	-2.415	0.145	-0.591	0.973	-4.911	<0.001	-5.972	<0.001
	<b>Inflation</b>	-2.049	0.265	-0.541	0.975	-7.423	<0.001	-5.512	<0.001
PP	<b>FDI</b>	-2.226	0.201	-2.209	0.469	-7.724	<0.001	-9.586	<0.001
	<b>GDP</b>	-7.285	<0.001	-8.094	<0.001				
	<b>Employment</b>	-2.004	0.283	-0.555	0.975	-4.921	<0.001	-5.989	<0.001
	<b>Inflation</b>	-1.925	0.317	-1.913	0.625	-7.740	<0.001	-7.779	<0.001

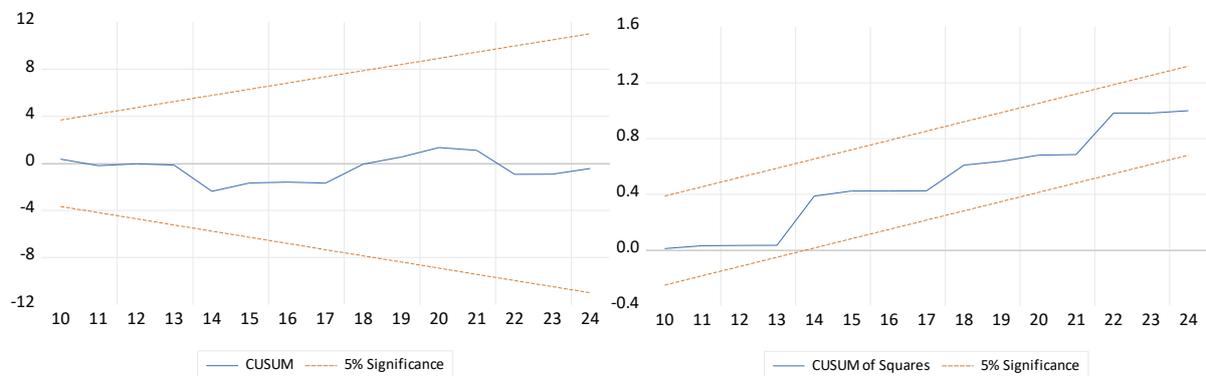
According to Table 2, the unit-root results show a mixed orders-of-integration pattern: GDP is stationary in levels (I(0)) with strongly significant ADF and PP statistics (ADF  $t \approx -6.17$ ,  $p < 0.001$ ; PP  $t \approx -7.285$ ,  $p < 0.001$ ), whereas FDI, Employment and Inflation are non-stationary in levels but become stationary after first differencing (I(1)), as evidenced by significant test statistics at the I(1) stage. A mixed I(0)/I(1) structure is precisely the setting in which the ARDL bounds testing approach is most appropriate because ARDL does not require all variables to be integrated of the same order provided none are I(2). In particular, since GDP is I(0) at levels while the other regressors are I(1), the ARDL framework (and the bounds test for cointegration) is the correct choice for estimating both the short-run dynamics and the long-run relationship among the variables.

Table 3 reports the F-statistic for the bounds test ( $k = 3$  independent variables) and the appropriate critical values.

**Table 3.** ARDL cointegration boundary test

Number of Independent Variables (k)	F statistic Value	Significance Level	Critical Values	
			Lower L.	Upper L.
3	10.691	1%	4.614	5.966
		5%	3.272	4.306
		10%	2.676	3.586

According to Table 3, the computed F-statistic for the bounds test is 10.691. That value lies well above the reported upper bound even at the 1% significance level (upper critical value = 5.966). Econometrically, this provides very strong evidence to reject the null hypothesis of “no long-run relationship” among the variables. In other words, despite the mixed integration orders, the series appear to be cointegrated: there exists a stable long-run equilibrium linking FDI, GDP, Employment and Inflation. This justifies reporting and interpreting the long-run ARDL coefficients and the associated Error-Correction representation.

**Figure 1.** Graph of CUSUM and CUSUM of squares

The stability of the estimated ARDL model was further examined using the CUSUM and CUSUM of Squares tests, as presented in Figure 1. The CUSUM test (left panel) indicates that the recursive residuals remain well within the 5% significance bounds throughout the sample period, suggesting that the short-run dynamics of the model are stable and not subject to structural shifts. Similarly, the CUSUM of Squares test (right panel) shows that the squared recursive residuals also lie within the critical bounds, further supporting the absence of parameter instability or variance shifts over time. Given that the model covers the period 1990–2024, during which the Turkish economy experienced several macroeconomic shocks—including episodes of high inflation, employment fluctuations, and substantial changes in foreign direct investment inflows—the stability of the estimated coefficients is particularly noteworthy. These results confirm that the ARDL model linking foreign direct investment (FDI) as the dependent variable with economic growth, employment, and inflation as explanatory factors is robust and reliable for both short- and long-run inference, providing confidence in the empirical findings derived from this specification.

Table 4 lists serial correlation (Breusch–Godfrey LM), heteroskedasticity (Breusch–Pagan / Godfrey), normality (Jarque–Bera) and functional form (Ramsey RESET) test statistics and p-values.

**Table 4.** Diagnostic test results for ARDL (4, 2, 4, 4) model

Diagonistic Test	Test Statistic	Prob. (p)
$R^2$	0.907	
$Adj. R^2$	0.831	
Breush Godfrey LM Test	6.147	0.183
Breush Pagan Godfrey Test	16.829	0.466
Jargue Bera Normality Test	0.686	0.709
Ramsey Reset Test	1.447	0.254

The diagnostic statistics presented in Table 4 indicate that the ARDL(4,2,4,4) specification provides a robust fit to the data. The model explains a high proportion of the variation in FDI, with an  $R^2$  of 0.907 and an  $Adj. R^2$  of 0.831, suggesting strong explanatory power even after accounting for degrees of freedom. The Breusch–Godfrey LM test ( $p = 0.183$ ) fails to reject the null of no serial correlation, implying that the residuals are free from significant autocorrelation. Similarly, the Breusch–Pagan–Godfrey test ( $p = 0.466$ ) indicates no evidence of heteroskedasticity, supporting the homoskedasticity assumption. The Jarque–Bera statistic ( $p = 0.709$ ) confirms that the residuals are approximately normally distributed, validating the reliability of standard t- and F-tests. Finally, the Ramsey RESET test ( $p = 0.254$ ) provides no evidence of functional form misspecification, suggesting that the chosen lag structure and model specification are appropriate. Taken together, these results support the adequacy of the estimated ARDL model and enhance confidence in the subsequent long-run and short-run coefficient interpretations.

The estimation results reported in Table 5 provide both the long-run cointegrating coefficients and the associated error-correction dynamics for the ARDL specification. Collectively, these findings confirm the presence of a stable long-run equilibrium relationship between FDI, GDP, Employment, and Inflation.

**Table 5.** Long-run ARDL cointegration results

Variables	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CointEq(-1)*	-0.885	0.041	-5.442	<0.001
Constant (C)	-0.415	0.128	-3.238	0.007
GDP	0.081	0.025	3.170	0.008
Employment	0.126	0.053	-2.367	0.035
Inflation	-0.010	0.005	-2.119	0.041

According to Table 5, First, the error-correction term (CointEq(-1)) is negative (-0.885) and highly significant ( $p < 0.001$ ). This result validates the existence of cointegration among the variables, as it indicates that any short-run disequilibrium is corrected over time. The magnitude, however, is relatively large in absolute terms, suggesting a rapid – even overshooting – adjustment towards long-run equilibrium. From an economic perspective, this implies that deviations of FDI from its equilibrium level are quickly corrected in response to changes in the explanatory variables, reflecting the sensitivity of capital inflows to macroeconomic fundamentals.

Turning to the long-run coefficients, the findings are consistent with theoretical expectations. The coefficient for GDP is positive (0.081) and statistically significant at the 1% level, underscoring the role of economic growth in attracting foreign capital. This aligns with the notion that expanding economic activity signals higher returns and market potential, thereby encouraging FDI inflows. From a policy perspective, sustaining GDP growth remains a vital driver for long-term investment attractiveness.

The coefficient for Employment is also positive (0.126) and statistically significant ( $p < 0.05$ ). This suggests that improvements in labor market performance, measured through higher employment rates, contribute positively to foreign investment. A well-functioning labor market provides both a stable workforce and a larger consumer base, both of which are critical determinants for multinational firms when considering investment destinations. Economically, this result highlights the importance of labor market stability and employment-oriented policies in fostering a favorable investment climate.

In contrast, Inflation exhibits a negative long-run impact on FDI ( $-0.010$ ,  $p < 0.05$ ). This finding is in line with standard economic theory, which posits that macroeconomic instability, reflected through persistent inflation, undermines investor confidence by eroding real returns and increasing uncertainty. Even though the magnitude of the coefficient is relatively small, its significance indicates that maintaining price stability is a crucial condition for sustaining foreign investment inflows.

Finally, the constant term is negative and significant ( $-0.415$ ,  $p < 0.01$ ), indicating that when the explanatory variables are held at zero, the baseline level of FDI is below average. While constants often lack direct economic interpretation, this result implies that structural and institutional factors beyond the modeled variables may also play a role in shaping FDI inflows.

Overall, the long-run results confirm that strong economic performance (GDP), favorable labor market conditions (Employment), and price stability (low Inflation) are key determinants of FDI in the Turkish economy during the sample period. The significance of the error-correction mechanism further suggests that deviations from equilibrium are not persistent, and the system rapidly converges back to its long-run path. From both econometric and economic perspectives, these findings underscore the importance of growth-oriented and stability-focused macroeconomic policies in enhancing Türkiye's attractiveness to foreign investors.

## CONCLUSION AND DISCUSSION

The empirical findings of this study provide important insights into the determinants of foreign direct investment (FDI) in Türkiye over the period 1990–2024. The ARDL bounds test confirmed the existence of a long-run equilibrium relationship between FDI, economic growth, employment, and inflation, validating the appropriateness of the chosen methodology in the presence of mixed integration orders. The stability diagnostics, supported by CUSUM and CUSUM of Squares tests, indicated that the estimated model is dynamically stable and robust to structural shocks, despite the significant macroeconomic fluctuations experienced during the sample period.

The long-run estimation results reveal that economic growth exerts a positive and statistically significant effect on FDI inflows, consistent with the theoretical expectations of both neoclassical and endogenous growth models (Solow, 1956; Romer, 1986). This finding supports the argument of Borensztein et al. (1998) that higher growth prospects enhance a host country's absorptive capacity and market potential, thereby attracting foreign capital. Similar evidence was reported by Uğurlu (2024), who identified GDP growth as a key driver of FDI in Türkiye, and by Elimam and Alattas (2025), who found a comparable positive relationship in the Saudi Arabian context. These results highlight the importance of sustaining growth-oriented policies to strengthen Türkiye's investment climate.

Employment also emerged as a positive determinant of FDI in the long run, indicating that labor market improvements contribute to investment attractiveness. This outcome is in line with the argument that stable employment not only provides a reliable labor force but also expands the domestic consumer base, enhancing profitability for foreign investors. While Mencinger (2003) emphasized potential adverse labor market effects of FDI due to firm displacement, the findings

of this study suggest that, in Türkiye's case, employment dynamics have reinforced the investment climate. Comparable evidence can be found in Fitriyani and Andrian (2024) for Indonesia, where labor market conditions were shown to significantly influence foreign investment decisions.

Conversely, inflation exhibited a negative and significant long-run impact on FDI, which aligns with the classical view that macroeconomic instability deters capital inflows by increasing uncertainty and eroding real returns (Mundell, 1963; Tobin, 1965). This result is consistent with Uğurlu (2024), who found inflation to be a key impediment to FDI in Türkiye, and Zaharum et al. (2024), who reported a similar adverse effect in the Malaysian economy. Although the estimated coefficient is relatively small in magnitude, its statistical significance underscores the necessity of ensuring price stability as a prerequisite for attracting and sustaining foreign investment.

Taken together, the results confirm that strong economic growth, stable labor market conditions, and low inflation are fundamental to fostering FDI in Türkiye. These findings resonate with the broader literature emphasizing the role of macroeconomic stability, institutional capacity, and globalization in shaping investment patterns (Bozkurt, 2024; Değirmenci et al., 2024; Ateş & Arslan, 2025). The error correction mechanism further indicates that deviations from long-run equilibrium are corrected relatively quickly, suggesting that foreign investment in Türkiye is highly responsive to macroeconomic fundamentals.

From a policy perspective, the evidence highlights three key implications. First, sustaining high and stable GDP growth should remain a priority, as it signals market potential to foreign investors. Second, labor market reforms aimed at increasing employment and reducing informality may further enhance Türkiye's attractiveness to multinational enterprises. Third, strict anti-inflationary measures and credible monetary policy frameworks are essential to reduce uncertainty and maintain investor confidence. Overall, the results of this study contribute to the empirical literature by providing updated evidence on the determinants of FDI in Türkiye and confirm that sound macroeconomic management is indispensable for leveraging foreign investment as a driver of long-term development.

## REFERENCES

- Akdağ, S. & İskenderoğlu, Ö. (2025). The Effect of Economic Risk Factors on Foreign Direct Investments Inflows: A Research on Turkic World. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 27(48), 16-31.
- Akpilic, F. (2025). Global uncertainty, institutional quality, financial development, and foreign direct investment inflows. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 1-26. <https://doi.org/10.1080/09638199.2025.2459911>
- Altun, Y., İşleyen, Ş. & Görür, Ç. (2018). Türkiye'de eğitim ve sağlık harcamalarının ekonomik büyümeye etkisi: 1999-2017. *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi/The Journal of Social Sciences Institute*, 39, 223-244.
- Ateş, M. M. & Arslan, C. K. (2025). Ekonomik kompleksitenin doğrudan yabancı yatırım üzerine etkileri: Çok boyutlu panel veri analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari Çalışmalar Dergisi*, 3(1), 87-97.
- Aydemir, M. F. (2025). Evaluation of Foreign Direct Investment Attractiveness of BRICS-T Countries: The CRITIC-LOPCOW Based ARAS Approach. *Politik Ekonomik Kuram*, 9(1), 372-392. <https://doi.org/10.30586/pek.1613421>

- Borensztein, E., De Gregorio, J. & Lee, J. W. (1998). How does foreign direct investment affect economic growth? *Journal of International Economics*, 45(1), 115–135.
- Bozkurt, H. (2024). Yurtiçi tasarruflar, kurumsal kalite ve doğrudan yabancı yatırımlar arasındaki etkileşim: Genişletilmiş ARDL yönteminden kanıtlar. *Ordu Üniversitesi Ünye İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2), 137–152.
- Chen, X., Liu, Y., Zhang, Y., Dong, X. & Ma, C. (2025). Influential Determinants of Chinese Direct Investment in Japan: Navigating the Post-pandemic Knowledge Economy. *Journal of the Knowledge Economy*, 16, 6410–6452. <https://doi.org/10.1007/s13132-024-01801-7>
- Dang, T.C., Banh, T.T., Tran, V.H., Trinh, T.H. & Nguyen, T.T.C. (2024) What drives the satisfaction and loyalty of foreign investors in a locality? Empirical evidence in Nghe An, Viet Nam. *Cogent Business & Management*, 11(1), 2353847. <https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2353847>
- Değirmenci, T., Aydın, M. & Kızılkaya, O. (2024). BRICS-T ülkelerinde ekonomik küreselleşme, vergi yükü ve yatırım özgürlüğünün doğrudan yabancı yatırımlara etkisi. *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(1), 228-243.
- Demir, Y. (2021). Analyzing the Effect of Employment in the Agricultural and Industrial Sectors on Economic Growth with the ARDL Bounds Test. *International Journal of Contemporary Economics and Administrative Sciences*, 11(1), 178-192.
- Demir, Y., İşleyen, Ş. & Özen, K. (2023). Determining the Effect of Selected Energy Consumptions on Carbon Dioxide Emissions by ARDL Limit Test. *Van Yüzüncü Yıl University the Journal of Social Sciences Institute*, 59, 80-107.
- Dunning, J. H. (1993). *Multinational Enterprises and the Global Economy*. Addison-Wesley.
- Elimam, H. & Alattas, H. (2025) Foreign direct investment: a strategic approach towards sustainable economic growth in Saudi Arabia. *Cogent Economics & Finance*, 13(1), 2492203. <https://doi.org/10.1080/23322039.2025.2492203>
- Enders, W. (2014). *Applied Econometric Time Series* (4th ed.). Hoboken: John Wiley.
- Engle, R. F. & Granger, C. W. J. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representaion, Estimation and Testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276.
- Fitriyani, D. & Andrian, T. (2024). Analysis of Factors Affecting Foreign Direct Investment (FDI) in Indonesia. *International Journal of Economic, Management and Accounting*, 2(3), 431-438. <https://doi.org/10.47353/ijema.v2i3.189>
- Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*. New Jersey: Princeton University Press.
- Harman, B., Çilek, A. & Şeyranlıoğlu, O. (2024). OECD Ülkelerinde Vergi Takozunun Doğrudan Yabancı Yatırımlar Üzerindeki Etkisinin Panel Veri Analiz Yöntemi ile İncelenmesi. *Maliye Dergisi*, 187, 145-167.
- Hizarci Beşer, B. & Hoxha, K. (2024). Arnavutluk vergi sistemindeki düzenlemelerin doğrudan yabancı yatırımlar üzerindeki etkisi. *JOMELIPS - Journal of Management, Economics, Literature, Islamic and Political Sciences*, 9(1), 17–45. <https://doi.org/10.24013/jomelips.1378974>
- İşleyen, Ş., Altun, Y. & Görür, Ç. (2018). Hizmet ihracatı ve turizm harcamalarının ekonomik büyümeye katkısı üzerine ampirik bir analiz: 1996-2017 Türkiye örneği. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(6), 953–960.

- Konaklı, D. N. (2020). *Birim Kök Testlerinin Makroekonomik Değişkenler Üzerindeki Uygulamaları* (Master Thesis). Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Mahmoodi, M. & Mahmoodi, E. (2016). Foreign direct investment, exports and economic growth: Evidence from two panels of developing countries. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 29(1), 938–949.
- Maibetly, F. & Idris, I. (2021). Analysis of Factors Affecting Foreign Direct Investment (FDI) in ASEAN (Lower Middle Income) Plus Three: Market Seeking, Resource Seeking or Efficiency Seeking?. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 222, 441-450.
- Mencinger, J. (2003). Does foreign direct investment always enhance economic growth? *Kyklos*, 56(4), 491–508.
- Mundell, R. A. (1963). Inflation and real interest. *Journal of Political Economy*, 71(3), 280–283.
- Özen, K., İşleyen Ş. & Görür, Ç. (2023). Investigation of the relationship between the use of selected energy types and agricultural area utilised by ardl bound test: the case of Turkey. *Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(16), 354-372.
- Pata, U. K., Yurtkuran, S. & Kalça, A. (2016). Energy Consumption and Economic Growth in Turkey: ARDL Bounds Test Approach. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 38(2), 255-271.
- Pesaran, M. H. & Shin, Y. (1999). *An Autoregressive Distributed-Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis*. Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium (pp. 371-413), Cambridge: Cambridge University Press.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94.
- Tavus, S.& Azazi, H. (2024). Ticari Dışa Açıklığın Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımları Üzerindeki Etkisi: Türkiye İçin Zaman Serisi Analizi. *Politik Ekonomik Kuram*, 8(3), 784-797. <https://doi.org/10.30586/pek.151.5845>
- Tobin, J. (1965). Money and economic growth. *Econometrica*, 33(4), 671–684.
- Uğurlu, S. (2024). Türkiye’de Küreselleşme Doğrudan Yabancı Yatırım Girişlerini Etkiliyor mu? ARDL Yaklaşımı. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 13(1), 152-173. <https://doi.org/10.15869/itobiad.1372205>
- UNCTAD (2023). *World Investment Report 2023: Investing in Sustainable Energy for All*. United Nations, Geneva.
- Yıldırımçakar, İ., Görür, Ç. & Kanberoğlu, Z. (2021). Seçili Vergi Türlerinin Doğrudan Yabancı Yatırımlar Üzerindeki Rolü: OECD Örneği. *Maliye Dergisi*, 180, 76-92.
- Zaharum, Z., Isa, M.A.Md., Latif, R.A. & Isa, M.F.Md.(2024). Determinants of Foreign Direct Investment in Malaysia. *Insight Journal*, 11(1), 86-96.

## THE RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY POVERTY AND GOVERNMENT SIZE: AN ANALYSIS OF EMERGING MARKETS AND LOW-INCOME ECONOMIES

Nazmiye Tekdemir<sup>1</sup>      Abdulkadir Bulut<sup>2</sup>

### ABSTRACT

Energy poverty is a multidimensional problem that refers to households' inability to access basic modern energy services, such as clean cooking fuels and technologies, or their inability to afford these services. Government policies, particularly public spending, address energy poverty by funding clean energy solutions to mitigate health and environmental externalities. This study examines the relationship between public spending and energy poverty in 96 emerging and low-income economies from 2000 to 2022, controlling for GDP per capita and industrialization. Energy poverty is measured by access to clean fuels and technologies for cooking (% of population), and public spending is proxied by general government final consumption expenditure (% of GDP). We apply the Method of Moments Quantile Regression (MMQR) to assess the varied impacts of public spending across countries with differing energy poverty levels. Unlike mean-based regression, MMQR captures heterogeneous effects across the full distribution, offering robust, policy-relevant insights despite heteroscedasticity and non-normality in the data. Findings reveal a non-linear, inverted U-shaped relationship between public spending and energy poverty across all quantiles. Initial government spending significantly reduces energy poverty, but with diminishing returns. This impact is strongest in the most energy-deprived countries, where public spending yields the greatest marginal benefit. While the effect weakens as energy poverty declines, it remains statistically significant. Higher income levels consistently reduce energy poverty, confirming the importance of economic development, with stronger effects observed in high-energy poverty contexts. In contrast, industrialization shows no significant effect, suggesting it does not directly contribute to improved household energy access. These findings emphasize the effectiveness of targeted public spending, particularly in contexts of extreme energy poverty. However, diminishing returns indicate that, beyond a certain threshold, complementary strategies -such as improving policy efficiency, leveraging private investment, and enhancing institutional capacity -are essential for sustained progress.

**Keywords:** Energy Poverty, Government Size, Public Consumption Expenditures, Emerging and Low-Income Economies, MMQREG

## ENERJİ YOKSULLUĞU İLE KAMU KESİMİ BÜYÜKLÜĞÜ ARASINDAKİ İLİŞKİ: YÜKSELEN PİYASALAR VE DÜŞÜK GELİRLİ EKONOMİLER ÜZERİNE BİR ANALİZ

### ÖZ

Enerji yoksulluğu, hanehalklarının temiz pişirme yakıtları ve teknolojileri gibi temel modern enerji hizmetlerine erişememesi veya bunları karşılayamaması durumunu ifade eden çok boyutlu bir sorundur. Kamu politikaları, özellikle kamu harcamaları, sağlık ve çevresel dışsallıkları azaltmak amacıyla temiz enerji çözümlerinin finansmanını sağlayarak enerji yoksulluğunu hafifletmeyi hedefler. Bu çalışma, 2000–2022 döneminde 96 yükselen piyasa ve düşük gelirli ekonomide kamu harcamaları ile enerji yoksulluğu arasındaki ilişkiyi, kişi başına düşen GSYH ve sanayileşme düzeyini kontrol ederek incelemektedir. Enerji yoksulluğu, pişirme için temiz yakıt ve teknolojilere erişim oranı (% nüfus) ile ölçülürken, kamu harcamaları genel devlet nihai tüketim harcamalarının GSYH içindeki payı ile temsil edilmiştir. Farklı enerji yoksulluğu düzeylerindeki ülkelerde kamu harcamalarının etkilerini değerlendirmek için Momentler Yöntemi Kuantil Regresyonu (MMQR) kullanılmıştır. Ortalama temelli modellerin aksine, MMQR dağılımın tamamındaki heterojen etkileri yakalayarak daha sağlam politika sonuçları sunmaktadır. Bulgular, kamu harcamaları ile enerji yoksulluğu arasında doğrusal olmayan, ters U biçiminde bir ilişki olduğunu göstermektedir. Kamu harcamaları başlangıçta enerji yoksulluğunu önemli ölçüde azaltmakta, ancak etkisi azalan getiriler sergilemektedir. Bu etki, enerji yoksulluğunun en yüksek olduğu ülkelerde en güçlü düzeydedir. Kişi başına gelir artışı enerji yoksulluğunu azaltırken, sanayileşmenin anlamlı bir etkisi bulunmamıştır. Sonuçlar, kamu harcamalarının enerji yoksulluğuyla mücadelede etkili olduğunu, ancak belirli bir eşğin ötesinde sürdürülebilir ilerleme için politika etkinliği, özel yatırımlar ve kurumsal kapasite artışının gerekliliğini vurgulamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Yoksulluğu, Kamu Kesimi Büyüklüğü, Kamu Tüketim Harcamaları, Yükselen ve Düşük Gelirli Ekonomiler, Momentler Yöntemi Kuantil Regresyonu

<sup>1</sup> Asst. Prof. Dr., Kırıkkale University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Public Finance, [nazmiyekirik@gmail.com](mailto:nazmiyekirik@gmail.com), 0000-0002-7292-569X

<sup>2</sup> Asst. Prof. Dr., Hitit University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Public Finance, [kadirbulut0710@gmail.com](mailto:kadirbulut0710@gmail.com), 0000-0001-6351-0583

## INTRODUCTION

Energy poverty is a multidimensional problem characterised by households' inability to access or afford basic energy services (Nguyen & Nasir, 2021). This situation is not limited to insufficient access to electricity; it also includes deficiencies such as inability to use clean fuel and cooking technologies, inability to purchase energy services due to insufficient income, and inability to afford basic services such as heating, cooling, and lighting (González-Eguino, 2015; Day et al., 2016). While the problem in developing and underdeveloped countries stems primarily from inadequate energy infrastructure, in developed countries, low-income levels limit households' access to energy services despite the existence of infrastructure (Erdoğan, 2020). Therefore, energy poverty is not merely a technical infrastructure issue but is considered a multifaceted social problem that must be addressed in terms of its economic, social, and environmental dimensions (Demir & Kuveloğlu, 2023).

While no single definition of energy poverty has gained universal acceptance, a common perspective frames it as the inability of households to satisfy their essential energy needs (Thomson, 2016). Energy poverty stems from various factors, including limited access to modern fuels, high energy costs, low-income levels, and inadequate housing insulation (Erdoğan, 2020). These factors directly affect energy consumption, health, education, productivity, and overall quality of life, further deepening social inequalities (Moss et al., 2014).

Three main methods stand out in the literature for assessing energy poverty: technological threshold, physical threshold, and economic threshold (Pachauri & Spreng, 2011). The technological threshold method is based on the percentage of the population without access to modern energy services, while the physical threshold approach classifies households that use energy below a certain level as poor. The economic threshold approach, on the other hand, states that energy poverty arises when energy expenditures exceed a certain percentage of household income (González-Eguino, 2015). In this context, three different measurement methods are used: quantitative techniques, expenditure methods, and consensus methods based on subjective statements (Thomson, 2016). Recent research shows that access to clean cooking fuels, modern technologies, and electricity are the most appropriate criteria for global comparisons (Awaworyi Churchill & Smyth, 2020).

Government policies and public initiatives play a particularly important role among the factors contributing to energy poverty. Rural electrification initiatives in Brazil (Pereira et al., 2010) and the Bono Social de Electricidad program in Spain (Alvarez & Tol, 2021) have shown varying degrees of effectiveness, while Sovacool (2015) has shown that the Warm Front program in the United Kingdom has reduced energy poverty for millions of households. On the other hand, Okushima (2017) highlights that energy poverty increased among the most vulnerable population groups in Japan following the Fukushima nuclear disaster. These examples show that institutional structure and context can have a significant impact on the sustainability and effectiveness of government policies.

Public spending, a fundamental component of fiscal policy, has produced conflicting results in terms of its impact on social welfare and economic growth. While it has been shown that increased public spending in small countries boosts economic growth (Bahal et al., 2018), it has also been demonstrated that excessive spending discourages private investment and has a negative impact on economic development (Kandil, 2017). These conflicting results raise the possibility that public spending may have a non-linear effect on energy poverty (Nguyen & Schinckus, 2020). Another important dimension of energy poverty is the role of public expenditure in shaping income distribution, since reducing inequalities enhances equitable access to energy services and fiscal policy serves as a key instrument for achieving this outcome (Crudu, 2015). However, institutional structures significantly affect the effectiveness of public

spending. This situation highlights the need to evaluate fiscal policies not only in terms of quantitative indicators but also in terms of institutional capacity (Nguyen et al., 2018).

While energy poverty emerges as a multidimensional issue encompassing technical, economic, and social dimensions, government intervention—particularly through government spending—can serve as a critical instrument in addressing it. Yet, global-scale empirical evidence on how government spending influences energy poverty remains limited, and in many developing economies concerns about the effectiveness of such spending persist. This study seeks to narrow that gap by empirically examining the relationship between government expenditure and energy poverty across 96 emerging market and low-income countries over the period 2000–2022, employing the Method of Moments Quantile Regression (MMQR) approach.

The rest of the paper first reviews the empirical literature on energy poverty. In the application part of the study, the data and model are first introduced, followed by the methodology and findings. Finally, the study is completed with the conclusion.

## 1. SELECTED SUMMARY LITERATURE

The relationship between government expenditure and energy poverty has been examined in the public finance literature through various theoretical frameworks (Nguyen & Su, 2022). Adopting a Keynesian perspective, it is accepted that government expenditures can raise the income level of households by stimulating economic growth and thus expand their access to energy. From a Ricardian perspective, it is assumed that government expenditures do not have a direct impact on energy poverty because individuals consider the future tax burden and shape their consumption and saving decisions accordingly. These theoretical differences are one of the main reasons why empirical studies on energy poverty reveal divergent results.

Nguyen & Su (2022) examined how public expenditures impact energy poverty across 56 developing countries. In their study, energy poverty is assessed by access to clean fuels, technology, and electricity in rural and urban areas. A two-stage system GMM estimator was used in panel data analysis, with robustness tests applied. Results indicate public expenditures reduce energy poverty up to a threshold, beyond which negative effects may occur. Moreover, institutional quality (corruption control, rule of law, and political stability) plays a decisive role, as its influence is transmitted through channels such as economic development and income inequality.

Bousnina & Gabsi (2023) examined Sub-Saharan African countries from 2006 to 2020 and found a non-linear link between government spending and energy poverty, which becomes significant at a GDP threshold of about 17.65%. Beyond this level, additional expenditure was shown to worsen energy poverty by widening income inequality. The study stresses careful spending management and determining optimal expenditure levels for policymakers.

Dimnwobi et al. (2023) examined the impact of government capital expenditures on energy poverty in Nigeria. The study used annual data from 1990 to 2020, and applied methods based on the Bayer-Hanck cointegration test and the ARDL bounds test. The analysis results reveal that public capital expenditures increase energy poverty rather than reduce it. Specifically, government investments negatively affect electricity access, urban electricity consumption, renewable energy use, and renewable electricity production, while providing a statistically insignificant but positive contribution to rural electricity consumption.

Liu & Wang (2024) examined the effects of government expenditures, incentives and supply chains on reducing energy poverty through Poverty Reduction Projects implemented in China. The study uses the Chinese Household Survey data for the period 2010–2018 and analyses with a high-dimensional fixed effects model. The findings show that government policies reduce household energy poverty by about 6.3%, increasing income and promoting the use of clean

energy, especially in regions with high insolation potential. It is also emphasized that government expenditure and financial incentives strengthen private sector participation, while efficient supply chains reduce costs and increase the sustainability of projects.

Xu & Xu (2025) analysed 30 Chinese provinces (2005–2021) from a non-linear perspective and, using a nonparametric additive model, found that public expenditure initially alleviates energy poverty but that this effect weakens over time. Besnili Memiş & Aydın (2025) investigated the indirect role of public spending and inflation in 32 emerging economies, applying panel GMM and 3SLS methods. Their results indicate that while government expenditure serves as an important instrument in mitigating energy poverty, inflation worsens it. Similarly, Xu (2025) constructed an energy poverty index for 30 Chinese provinces and, through a spatial quantile model, showed that energy poverty is geographically clustered and that public spending consistently reduces it across provinces.

Overall, the empirical literature consistently points to a conditional relationship between government expenditure and energy poverty. To the extent that government expenditures support economic growth and facilitate households' access to energy, they generate positive results, but excessive and unbalanced government expenditures may limit this effect. Therefore, keeping government expenditures at an optimal level and directing them to effective areas stands out as a critical policy tool for tackling energy poverty.

## 2. EMPIRICAL APPLICATION

### 2.1. Data and Model

This study examines how government spending affects energy poverty across 96 emerging market and low-income economies from 2000 to 2022. Energy poverty is proxied by the share of the population with access to clean cooking fuels and technologies, where higher values indicate lower poverty. Government spending is measured by general government final consumption expenditure as a percentage of GDP. To capture potential non-linear effects, the square of government size is included in the model. Real GDP per capita (2015 constant USD) and industrialization are added as control variables, with all data drawn from the World Bank's World Development Indicators (2025).

**Table 1. Variables and sources**

Symbol	Variables	Description
<b>lnenpov</b>	Energy Poverty	Access to clean fuels and technologies for cooking (% of population)
<b>lngov</b>	Government size	General government final consumption expenditures (% of GDP)
<b>lngov2</b>	Government size squared	The square of general government final consumption expenditures (% of GDP)
<b>lngdp</b>	GDP per capita	GDP per capita (constant 2015 US\$)
<b>lnind</b>	industrialization	Industry (including construction), value added (% of GDP)

**Note:** All variables are transformed into their natural logarithmic form (**ln**) prior to estimation.

Table 2 shows the descriptive statistics of the variables in the study, while Table 3 presents the correlation matrix.

**Table 2. Descriptive statistics**

Variables	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Skew.	Kurt.
lnenpov	2208	3.491	1.536	-2.303	4.605	-1.615	4.755
lngov	2208	2.645	0.414	0.722	4.995	0.45	6.227
lngov2	2208	7.169	2.302	0.521	24.954	1.71	12.307
lngdp	2208	8.04	1.104	5.536	11.13	0.149	2.55
lnind	2208	3.257	0.417	1.583	4.44	-0.193	3.563

Source: Prepared by the authors.

**Table 3. Matrix of correlations**

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1) lnenpov	1.000				
(2) lngov	0.184	1.000			
(3) lngov2	0.140	0.986	1.000		
(4) lngdp	0.746	0.279	0.240	1.000	
(5) lnind	0.331	-0.121	-0.137	0.231	1.000

Source: Prepared by the authors.

In this framework, the model specification based on this study is shown in Equation 1.

$$\ln enpov_{it} = \lambda + \beta_1 \ln gov_{it} + \beta_2 \ln gov2_{it} + \beta_3 \ln gdp_{it} + \beta_4 \ln ind_{it} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

Where  $\lambda$  is the constant term,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  and  $\beta_4$  are the coefficients of the relevant variables.  $t$  and  $i$  represent the time dimension and cross-sectional units, respectively, while  $\epsilon_{it}$  is the error term.

## 2.2. Methodology

This study empirically analyses the impact of government size on energy poverty. Working with a large sample of 96 countries necessitates a more explicit and detailed presentation of these heterogeneous effects. For this purpose, the Method of Moments Quantitative Regression (MMQR) method is used. However, before proceeding with the MMQR method, some pre-tests were applied to determine the characteristics of the series to be used in the analysis and to verify the choice of method. In this context:

- Normality Test: One of the basic assumptions of the MMQR method is that the series do not follow a normal distribution. Therefore, Shapiro-Wilk  $W$  test was applied to evaluate whether the series conform to normal distribution.

- Slope Homogeneity Test: Slope homogeneity test was performed to determine whether the slope coefficients are homogeneous in the panel data set.

- Horizontal Section Dependence Test: Pesaran (2004) CD test was applied to detect possible dependence relationships among panel units.

- Unit Root Test: Considering the presence of horizontal cross-section dependence, Pesaran (2007) CIPS test, which is the second-generation panel unit root test, is applied.

Cointegration Test: Westerlund (2007) bootstrap panel cointegration test, one of the second-generation panels cointegration tests, was applied to determine the long-run relationships between the variables.

- Basic Estimation Method: After the preliminary tests, the Method of Moments Quantitative Regression (MMQR) method was used to analyse the effects of government size on energy poverty by taking heterogeneity into account.

The Moment Method Quantitative Regression (MMQR) developed by Machado & Silva (2019) is used to examine the effect of the *lngov* and *lngov2* variables on *lnenpov* in different cantons. The key strength of the MMQR approach is its ability to capture how explanatory factors influence different points of the conditional distribution. This approach reveals distributional asymmetries that are often overlooked by traditional linear methods. Additionally, the MMQR technique is robust to non-linear structures and deviations from normal distribution, making it particularly suitable for data sets that violate the assumptions of linear regression models.

Including fixed effects in the model reduces bias that may arise from omitted variables by controlling for unobserved differences between countries. The MMQR method also eliminates the problem of quantile overlap seen in basic quantile regression techniques. These features are suitable for our data structure, which is characterised by heteroscedasticity and deviation from normal distribution, as confirmed by descriptive statistics and diagnostic tests, as well as for our policy-oriented research objective of evaluating the functionality of financial instruments under different environmental conditions. In this framework, the conditional quantile model  $Q_y(\tau|X)$  is shown in equation (2) below.

$$Y_{it} = \alpha_i + X'_{it}\beta + (\theta_i + Z'_{it}\gamma)U_{it} \quad (2)$$

In Equation (2),  $Y_{it}$  is the dependent variable vector and  $X_{it}$  is the matrix of independent variables.  $(\alpha, \beta, \theta, \gamma)$  are the parameters to be estimated;  $\alpha_i$  and  $\theta_i$  denote individual fixed effects.  $Z'_{it}$  and  $X'_{it}$  represent an  $n$ -dimensional vector of known and differentiable components.  $U_{it}$  is the stochastic error term not associated with  $X_{it}$  and is normalised to satisfy moment conditions as shown in the figure below:

$$E(U_{it}) = 0, E(|U_{it}|) = 1 \quad (3)$$

The conditional quantile representation of the model is expressed in its final form as follows.

$$Q_y(\tau|X) = (\alpha_i + \theta_i q(\tau)) + X'_{it}\beta + Z'_{it}\gamma q(\tau) \quad (4)$$

$\alpha_i + \theta_i q$ , is the scalar coefficient representing the distributional effect in the  $(\tau)$  quantile. Parameter estimation in the MMQR method is based on the one-step Generalised Method of Moments (GMM) estimator developed by Hansen (1982). This estimator provides robust and efficient estimates, thus effectively considering possible endogeneity problems and heteroskedasticity. These features make the method particularly suitable for capturing distributional heterogeneity in panel data.

### 2.3. Findings

This section presents the empirical findings from the panel data analysis. The discussion starts with diagnostic tests for model validity and reliability of the model, followed by econometric estimations. Table 4 reports the results of the Shapiro–Wilk  $W$  test, a widely recognized method for assessing deviations from normality. The null hypothesis assumes that the series follow a normal distribution; however, the results indicate that this assumption is rejected, showing that the data are not normally distributed.

**Table 4. Shapiro-Wilk  $W$  test for normal data**

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
lnenpov	2,208	0.769	300.177	14.563	0.000
lngov	2,208	0.963	47.952	9.880	0.000
lngov2	2,208	0.901	128.814	12.403	0.000
lngdp	2,208	0.989	14.499	6.827	0.000
lnind	2,208	0.99	12.876	6.524	0.000

Source: Prepared by the authors.

Table 5 presents the results of the slope homogeneity test of Pesaran & Yamagata (2008), which reject the null of homogeneity as both the delta and adjusted delta statistics are significant. This implies that slope coefficients vary across cross-sections, indicating a heterogeneous relationship among the countries in the sample.

**Table 5. Slope homogeneity test**

Slope homogeneity tests	Stat.	p-value
Delta	40.114	0.000
adj.	46.056	0.000

**Note:**  $H_0$  suggests that the slope coefficients are homogeneous

**Source:** Prepared by the authors.

Since the time dimension is smaller than the cross-sectional dimension of the panel, the Pesaran (2004) CD test was employed to assess cross-sectional dependence. As reported in Table 6, the null hypothesis of no dependence is rejected at the 1% level for all variables, indicating statistically significant cross-sectional dependence across the series.

**Table 6. CSD test analysis**

Variable	CD-test	p-value
lnenpov	121.856	0.000
lngov	28.753	0.000
lngov2	29.031	0.000
lngdp	191.534	0.000
lnind	23.677	0.000

**Source:** Prepared by the authors.

As shown in Table 7, the CIPS test (Pesaran, 2007) was employed to evaluate stationarity while considering cross-sectional dependence. The results indicate that the variables are non-stationary in levels but become stationary at the 1% significance level after first differencing. These findings justify the application of cointegration analysis in the subsequent stage.

**Table 7. Unit Root Test (CIPS)**

Variables	At level Intercept	At first diff. Intercept
lnenpov	-1.792	-2.693***
lngov	-1.872	-4.116***
lngdp	-1.870	-3.272***
lnind	-1.998	-4.165

**Note:** \*\*\*, \*\*, \* denote statistical significance at the 1%, 5%, and 10% levels, respectively.

The results of the Westerlund (2007) bootstrap panel cointegration test in Table 8 reveal the existence of a long-run equilibrium relationship between the variables. This finding is strongly supported by the significance of the group-based (Gt) and panel-based (Pt) statistics as well as the robust p-values that reduce the sensitivity to possible heteroskedasticity and autocorrelation problems. The findings suggest that the cointegration relationship is valid not only in certain panel groups but also in the whole panel. Accordingly, based on the Westerlund test results, it can be stated with confidence that a long-run equilibrium relationship exists between the variables.

**Table 8. Westerlund (2007) bootstrap panel cointegration**

Statistic	Value	Z-value	P-value	Robust P-value
<b>Gt</b>	-2.115	-1.299	0.097	0.090
<b>Ga</b>	-7.698	3.005	0.999	0.030
<b>Pt</b>	-19.956	-3.248	0.001	0.070
<b>Pa</b>	-6.472	-0.480	0.316	0.100

Table 9 presents the MMQR estimation results and reveals the quantile-specific effects of lngov, lngov2, lngdp and lnind variables on lnenpov that vary along the conditional distribution. This method goes beyond traditional mean-based analyses and allows us to examine the effects of government size on energy poverty at different quantiles of lnenpov. To improve the robustness of the estimates, bootstrap standard errors with 100 replications are used in the MMQR estimates, which consider possible horizontal cross-sectional dependence in the data set. The quantile estimates are reported in 25-quantile intervals (Q25 to Q90) from the 25th quantile to the 90th quantile. These trends are also presented visually in Figure 1 for a clear visualisation of the changing effects across the distribution.

**Table 9: MMQR estimation results**

Var.	Location	Scale	Q25 ( $\tau=0.25$ )	Q50 ( $\tau=0.50$ )	Q75 ( $\tau=0.75$ )	Q90 ( $\tau=0.90$ )
<b>lngov</b>	1.530*** (5.230)	-0.327* (-1.910)	1.851*** (5.230)	1.554*** (5.270)	1.249*** (4.010)	1.049*** (2.900)
<b>lngov2</b>	-0.287*** (-5.080)	0.064** (1.950)	-0.350*** (-5.120)	-0.292*** (-5.120)	-0.231*** (-3.850)	-0.192*** (-2.750)
<b>lngdp</b>	0.823*** (22.460)	-0.062*** (-2.900)	0.884*** (19.930)	0.828*** (22.400)	0.770*** (19.720)	0.732*** (16.130)
<b>lnind</b>	-0.032 (-0.540)	0.027 (0.770)	-0.058 (-0.810)	-0.034 (-0.570)	-0.009 (-0.140)	0.007 (0.100)
<b>_cons</b>	-5.015*** (-11.130)	1.000*** (3.800)	-5.997*** (-11.000)	-5.087*** (-11.170)	-4.154*** (-8.650)	-3.543*** (-6.360)
<b>Threshold</b>			14,07%	14,30%	14,93%	15,35%

Note: \*\*\*, \*\*, \* denote statistical significance at the 1%, 5%, and 10% levels, respectively. Z statistics are reported in parentheses. To capture the non-linear structure of the relationship between the size of the government and energy poverty and to detect the threshold effect, if any, the square of the size of the government is included in the equation. Accordingly, the threshold effect is calculated with the formulation in Equation 5.

$$\text{lngov}^* = (- \text{ or } +) \beta_1 / 2.\beta_2 \quad (5)$$

In Equation (5), lngov\* indicates the threshold effect that will occur when the coefficients are significant. Since the variables are expressed in natural logarithms, exponential transformation is used.

Table 9 presents the MMQR estimation results and analyses the effects of lngov, lngov2, lngdp and lnind on lnenpov at different quantile levels along the conditional distribution. The findings show that lngov has a positive and significant coefficient, but the square of this effect (lngov2) is negative and significant, indicating a non-linear relationship. This suggests that the size of the government has a decreasing effect on energy poverty up to a certain level, but an increasing effect when the threshold is exceeded. Threshold effect calculations show that these thresholds are approximately 14.07 per cent (Q25), 14.30 per cent (Q50), 14.93 per cent (Q75) and 15.35 per cent (Q90) when the thresholds are removed from the natural logarithm form. This finding indicates that if the share of government consumption expenditures in GDP is above these ratios, the energy poverty reduction effect may weaken and reverse.

Per capita income (lngdp) is consistently positive and highly significant across all quantiles, indicating that economic expansion has a strong and consistent effect on energy poverty eradication. This effect is particularly pronounced in country groups with high levels of energy poverty. In contrast, the coefficients of the lnind variable, which represents the level of industrialisation, are largely statistically insignificant, suggesting that industrialisation does not

have a significant direct impact on energy poverty. The findings show that the effect of the size of government on energy poverty varies across cantiles; at a certain optimal expenditure threshold, this effect is reversed, whereas an increase in per capita income significantly contributes to energy poverty reduction.

**Figure 1: MMQR parameter plot**

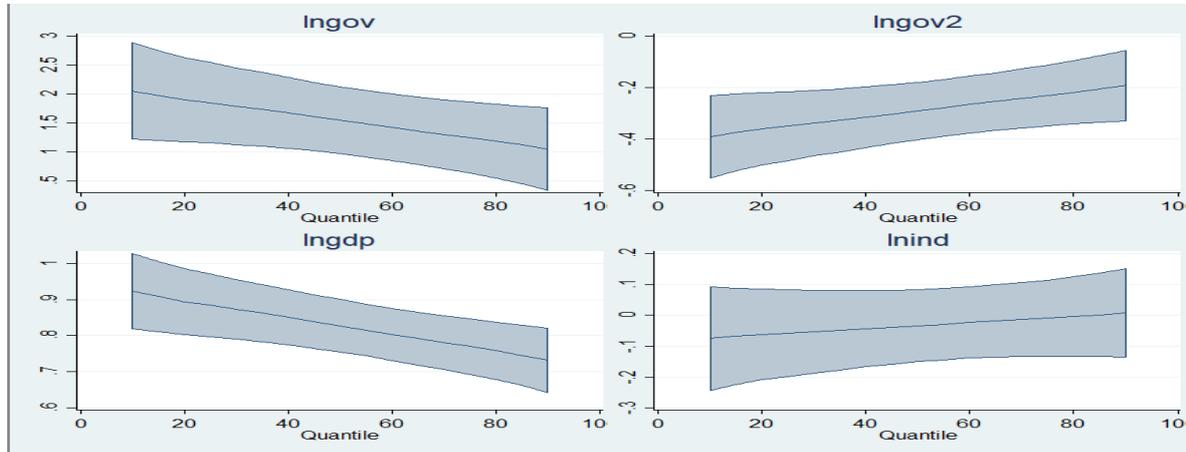


Figure 1 visualises the evolution of the coefficients obtained from MMQR estimates along the quantiles. The graphs show that the coefficients of government size ( $\text{lngov}$ ) first increase and then decrease from low to high quantiles, whereas the coefficients of the square of government size ( $\text{lngov}^2$ ) are negative and significant in all quantiles. This confirms that the effect of government size on energy poverty has a non-linear structure and reverses after a certain threshold value. The fact that the coefficients of  $\text{lngdp}$  are positive and highly significant in all quantiles reveals that the energy poverty reducing effect of economic growth continues to be strong at both low and high energy poverty levels. The fact that the coefficients of  $\text{lnind}$  are mostly close to zero and insignificant indicates that the direct effect of industrialisation is weak.

## CONCLUSION

Energy poverty is a multifaceted problem with economic, social and environmental dimensions, not only consisting of technical infrastructure deficiencies. This phenomenon, which is defined in the literature within the framework of technological, physical and economic threshold approaches, is addressed in a common denominator as the inability of households to satisfy their basic energy needs. Limited access to modern fuels, high energy prices, low-income levels and inadequate housing conditions are among the main determinants of energy poverty, which deepens social inequalities in areas such as health, education and productivity. Therefore, energy poverty stands out as a critical policy area that directly affects development processes.

This study examines the relationship between energy poverty and public expenditure in 96 emerging market and low-income economies between 2000 and 2022. Access to clean cooking fuels and technologies was used as an indicator of energy poverty, while the share of total government final consumption expenditure in GDP was used to represent the size of government. Analyses conducted using the Moments Method Quantile Regression (MMQR) reveal a non-linear, inverse-U-shaped relationship between public expenditure and energy poverty. The findings reveal that public expenditure initially has a significant and meaningful impact on reducing energy poverty; however, once a certain threshold is crossed, this effect

diminishes. Additionally, it was concluded that per capita income growth has a consistent and strong impact on reducing energy poverty, while industrialisation has no significant effect.

This consideration is especially important in low-income and energy-deprived countries, where the marginal returns to public spending are higher; in these contexts, fiscal resources should be carefully directed toward investments that expand access to modern energy services. At the same time, sustainable progress cannot rely solely on government expenditure. Long-term solutions require complementary measures, including private sector participation, institutional capacity building, and policies aimed at reducing income inequality. Taken together, these findings highlight that lasting reductions in energy poverty depend on holistic and inclusive policy frameworks, rather than short-term fiscal transfers alone.

## REFERENCES

- Alvarez, G. G., & Tol, R. S. (2021). The impact of the Bono Social de Electricidad on energy poverty in Spain. *Energy Economics*, *103*, 105554.
- Awaworyi Churchill, S., & Smyth, R. (2020). Ethnic diversity, energy poverty and the mediating role of trust: Evidence from household panel data for Australia. *Energy Economics*, *86*, 104663.
- Bahal, G., Raissi, M., & Tulin, V. (2018). Crowding-out or crowding-in? Public and private investment in India. *World Development*, *109*, 323–333.
- Besnili Memiş, O., & Aydın, R. (2025). Indirect impact of public expenditures and inflation on energy poverty: Empirical evidence from 32 developing countries. *Applied Economics*, *57*(7), 805–822.
- Bousnina, R., & Gabsi, F. B. (2023). Energy poverty, government expenditure, and institution factors in Sub-Saharan Africa countries: Evidence based on a panel threshold model. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(24), 65512–65526.
- Crudu, R. (2015). The influence of fiscal policy on income inequality in European Union's member states. *Verslo Sistemos ir Ekonomika*, *5*(1).
- Day, R., Walker, G., & Simcock, N. (2016). Conceptualising energy use and energy poverty using a capabilities framework. *Energy Policy*, *93*, 255–264.
- Demir, D., & Kuveloğlu, D. T. (2023). Orta Asya Türk Cumhuriyetlerinde enerji yoksulluğu. *Uluslararası İktisadi ve İdari Çalışmalar Dergisi*, *1*(1), 50–70.
- Dimnwobi, S. K., Onuoha, F. C., Uzoechina, B. I., Ekesiobi, C. S., & Nwokoye, E. S. (2023). Does public capital expenditure reduce energy poverty? Evidence from Nigeria. *International Journal of Energy Sector Management*, *17*(4), 717–738.
- Erdoğan, S. (2020). Dünyada ve Türkiye’de enerji yoksulluğu üzerine: Türkiye’nin enerji görünümü. Ankara: TMMOB, Yayın No: MMO/17: 29–47.
- González-Eguino, M. (2015). Energy poverty: An overview. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, *47*, 377–385.

Kandil, M. (2017). Crowding out or crowding in? Correlations of spending components within and across countries. *Research in International Business and Finance*, 42, 1254–1273.

Liu, Z., & Wang, S. P. (2024). Analyzing how government spending, incentives, and supply chains affect financial performance in energy poverty alleviation. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(3), 5001–5012.

Machado, J. A., & Silva, J. S. (2019). Quantiles via moments. *Journal of Econometrics*, 213(1), 145–173.

Moss, T., Pielke, R., & Bazilian, M. (2014). Balancing energy access and environmental goals in development finance: The case of the OPIC Carbon Cap. *Center for Global Development*.

Nguyen, C. P., & Nasir, M. A. (2021). An inquiry into the nexus between energy poverty and income inequality in the light of global evidence. *Energy Economics*, 99, 105208.

Nguyen, C. P., & Schinckus, C. (2020). The spending behavior of government through the lenses of global uncertainty and economic integration. *Journal for Economic Forecasting*, 23(2), 35–57.

Nguyen, C. P., & Su, T. D. (2022). The influences of government spending on energy poverty: Evidence from developing countries. *Energy*, 238, 121785.

Nguyen, C. P., Su, T. D., & Nguyen, T. V. H. (2018). Institutional quality and economic growth: The case of emerging economies. *Theoretical Economics Letters*, 8(11), 1943–1956.

Okushima, S. (2017). Gauging energy poverty: A multidimensional approach. *Energy*, 137, 1159–1166.

Pachauri, S., & Spreng, D. (2011). Measuring and monitoring energy poverty. *Energy Policy*, 39(12), 7497–7504.

Pereira, M. G., Freitas, M. A. V., & da Silva, N. F. (2010). Rural electrification and energy poverty: Empirical evidences from Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(4), 1229–1240.

Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265–312.

Pesaran, M. H., & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142(1), 50–93.

Sovacool, B. K. (2015). Fuel poverty, affordability, and energy justice in England: Policy insights from the Warm Front Program. *Energy*, 93, 361–371.

Thomson, H. (2016). Fuel poverty in the European Union: A concept in need of definition? *People, Place and Policy Online*, 10(1), 5–24.

World Bank. (2025). *World Development Indicators*. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

Xu, B. (2025). How government expenditure reduces energy poverty? Evidence from spatial quantile model. *Environmental Impact Assessment Review*, 112, 107851.

Xu, B., & Xu, R. (2025). How can government expenditure effectively achieve energy poverty reduction? A non-linear perspective. *Energy*, 137760.

# İNSANI GELİŞME ENDEKSİ GÖSTERGELERİNİN VERİ ODAKLI AĞIRLIKLANDIRILMASI: ENTROPİ, CRITIC, ECWM, MEREC VE LOPCOW YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

*Ceren DİRİK AYVAZ<sup>1</sup>*

## ÖZ

Bu çalışma, beş objektif ağırlıklandırma yöntemini (ENTROPİ, CRITIC, ECWM, MEREC ve LOPCOW) karşılaştırmalı olarak incelemektedir. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından geliştirilen İnsani Gelişme Endeksi (İGE) verilerinden yararlanılan çalışmada, veri odaklı ağırlıklandırma yöntemlerinin insan refahını ölçmedeki potansiyel uygulamalarının araştırılması amaçlanmıştır. Analiz, dört temel İGE göstergesine odaklanmaktadır: doğumda beklenen yaşam süresi, beklenen öğrenim süresi, ortalama öğrenim süresi ve kişi başına düşen gayrisafı milli gelir. Tüm göstergeler fayda yönelimli olup, kapsam Avrupa Birliği ülkeleri ile sınırlandırılmıştır. Elde edilen ağırlıklar, TOPSIS tekniği ile bütünleşik olarak kullanılmış ve İGE'nin eşit ağırlık ve geometrik ortalama esasına dayalı yaklaşımına alternatif ülke sıralamaları oluşturulmuştur. Bulgular, kriter ağırlıklarının yöntemlere göre farklılık gösterdiğini, CRITIC ve LOPCOW'un görece dengeli ağırlık dağılımları üretirken; MEREC, ECWM ve ENTROPİ'nin daha yüksek değişkenlik içeren, belirgin ağırlık farklılıklarına yol açtığını ortaya koymaktadır. ENTROPİ, ECWM, MEREC arasında güçlü ve pozitif yönde ilişkiler bulunması; buna karşılık CRITIC ve LOPCOW'un diğer yöntemlerle negatif yönde ilişkili olması, kriter önemine yönelik değerlendirmelerde yönetsel yaklaşım farklılıklarının belirgin olduğunu göstermektedir. Genel olarak çalışma, objektif ağırlıklandırma tekniklerinin metodolojik inceliklerini ve bunların sonuçlar üzerindeki etkilerini insani gelişim ölçümü bağlamında ele alarak literatüre katkıda bulunmaktadır. Bulgular, İGE gibi küresel endekslerin veri odaklı yöntemlerle yeniden değerlendirilmesinin gerekliliğine ışık tutmakta ve bu tür yöntemlerin politika yapıcılara daha hassas ve gerçekçi bir değerlendirme zemini sunabileceğine işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Çok kriterli karar verme, objektif ağırlıklandırma, insani gelişme endeksi.

## DATA-DRIVEN WEIGHTING OF THE HUMAN DEVELOPMENT INDEX INDICATORS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ENTROPY, CRITIC, ECWM, MEREC, AND LOPCOW METHODS

### ABSTRACT

This study comparatively examines five objective weighting methods (ENTROPY, CRITIC, ECWM, MEREC, and LOPCOW). Utilizing data from the Human Development Index (HDI) developed by the United Nations Development Programme (UNDP), the study aims to investigate the potential applications of data-driven weighting methods in measuring human well-being. The analysis focuses on four core HDI indicators: life expectancy at birth, mean years of schooling, expected years of schooling, and gross national income per capita. All indicators are benefit-oriented, and the scope is limited to European Union countries. The calculated weights are used in an integrated manner with the TOPSIS technique, and country rankings are created as an alternative to the IGE's approach, which is based on equal weighting and the geometric mean. The findings reveal that criterion weights differ according to the methods used, with CRITIC and LOPCOW producing relatively balanced weight distributions, whereas MEREC, ECWM, and ENTROPY result in more variable and distinct weight differences. The existence of strong, positive correlations between ENTROPY, ECWM, and MEREC, in contrast to the negative correlations between CRITIC and LOPCOW and the other methods, indicates that methodological differences are evident in assessments of criterion importance. Overall, the study contributes to the literature by addressing the methodological subtleties of objective weighting techniques and their impact on results in the context of human development measurement. The findings shed light on the need to reassess global indices, such as the HDI, using data-driven methods and indicate that these methods may provide policymakers with a more sensitive and realistic basis for assessment.

**Keywords:** Multi-criteria decision-making, objective weighting, human development index.

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, [cerendirik@kku.edu.tr](mailto:cerendirik@kku.edu.tr), ORCID: 0000-0001-6762-8933

## GİRİŞ

1970’li yıllardan önce “kalkınma” kavramı büyük ölçüde ekonomik göstergeler – özellikle kişi başına düşen gayrisafi milli gelir – üzerinden tanımlanmaktaydı (Chowdhury ve Squire, 2006). Güçlü ekonomik altyapıya sahip toplumlar yüksek düzeyde gelişmiş olarak kabul edilirken, ekonomik açıdan zayıf olanlar geri kalmış olarak sınıflandırılmaktaydı. Ancak bu yaklaşım, ekonomik merkezli bir bakış açısıyla sınırlı olması nedeniyle eleştirilmiş (Bilbao-Ubillos, 2013) ve sağlık, eğitim, çevre gibi boyutları dışarıda bıraktığı için kalkınmayı eksik, hatta kimi zaman yanıltıcı biçimde yansıttığı ileri sürülmüştür (Omranı vd., 2020). Oysa insani gelişme, yalnızca ulusal gelir düzeylerindeki artış veya azalışla açıklanamayacak kadar çok boyutlu bir olgudur (Lee vd., 2006).

Bu sınırlılığını aşmak amacıyla Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), ekonomik performansın yanı sıra sağlık ve eğitim unsurlarını da kapsayan daha bütüncül ve çok boyutlu bir kalkınma anlayışı geliştirmiştir. Söz konusu anlayış, insani gelişmenin temel boyutları olarak kabul edilmekte ve insan gelişimine özet bir bakış açısı sunmaktadır (UNDP, 2025a). Bu yeni kavramsal çerçeve, bir ülkenin kalkınma düzeyini sağlık, eğitim ve gelir göstergelerinin birleşimiyle değerlendiren İnsani Gelişme Endeksi (İGE) adı altında bileşik bir endeks olarak literatüre girmiştir. Her yıl yayımlanan İGE, üç temel boyut ve dört göstergeye dayanmaktadır: “uzun ve sağlıklı bir yaşam” boyutu doğumda beklenen yaşam süresi göstergesiyle, “eğitime erişim” boyutu beklenen öğrenim süresi ve ortalama öğrenim süresi göstergeleriyle, “makul bir yaşam standardı” boyutu ise kişi başına düşen gayrisafi milli gelir göstergesiyle ölçülmektedir. İGE, bu üç boyutun her biri için hesaplanan normalleştirilmiş endekslerin geometrik ortalaması olarak hesaplanmaktadır (bkz. UNDP, t.y.).

Zaman içinde İGE, insan refahını ölçmede en iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan araçlardan biri haline gelmiş olsa da (Greco vd., 2019; Jin vd., 2020) çeşitli eleştirilere maruz kalmıştır. Bu eleştirilerin başında, endeksin üç temel boyutuna (sağlık, eğitim ve gelir) ülkelerin koşulları veya bu boyutların görece önemi dikkate alınmaksızın eşit ağırlık verilmesi gelmektedir (Kelley, 1991; Chowdhury ve Squire, 2006; Lee vd., 2006; Tofallis, 2013; Omranı vd., 2020). Eşit ağırlıklandırma yaklaşımının yeterli bir gerekçeye dayanmaması, önemli ve daha az önemli göstergeler arasında ayırım yapma olanağını ortadan kaldırması ve aşırı basitleştirilmiş yöntemlerin bilgi kaybına yol açabileceği yönündeki görüşler, sıkça dile getirilen eleştiriler arasındadır (Greco vd., 2019).

İnsani gelişmenin ölçülmesi, politika geliştirme süreçleri üzerinde potansiyel olarak güçlü bir etkiye sahip olduğundan, bu ölçümün doğru ve adil bir biçimde gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır (Mahlberg ve Obersteiner, 2001). İGE gibi bileşik indeksler, yapısal olarak Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemlerinin doğasıyla örtüştüğünden (Karagiannis ve Karagiannis, 2020), bu tür endekslerin hesaplanmasında mümkün ise kriterlerin gerçek önemini yansıtan ÇKKV temelli ağırlıklandırma yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir (Paruolo vd., 2013).

ÇKKV problemlerinde kriter ağırlıkları, her bir kriterin görece önemini temsil ederek karar verme sürecinin sonucunu doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda, karmaşık karar verme ortamlarında objektif ağırlıklandırma yöntemleri, subjektif yaklaşımlara kıyasla daha fazla tutarlılık, şeffaflık, tekrarlanabilirlik ve daha az yanlılık sağlamaları nedeniyle (Sulistiani vd., 2024) giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Yukarıda belirtilenlere istinaden, bu çalışma, ENTROPİ, CRITIC, ECWM, MEREC ve LOPCOW olmak üzere beş objektif ağırlıklandırma yöntemini karşılaştırmalı olarak incelemekte ve elde edilen ağırlıkları TOPSIS yöntemiyle bütünleştirerek, 2025 yılı İGE verileri üzerinden ülke sıralamaları oluşturmaktadır. Böylece, objektif ağırlıklandırma yöntemlerinin insan refahının değerlendirilmesindeki potansiyel

uygulamaları araştırılmakta ve farklı ağırlıklandırma yaklaşımlarının İGE sonuçları üzerindeki etkileri ortaya konulmaktadır.

## 1. LİTERATÜR

Literatürde, İGE göstergelerinin ağırlıklandırılması ve insani gelişmişlik performansının hesaplanmasında Veri Zarflama Analizi (VZA) ve ÇKKV yöntemlerinin kullanımının ön plana çıktığı görülmektedir. Örneğin, kriter ağırlıklarının doğrudan veri setinden türetilmesi gerektiğini savunan Mahlberg ve Obersteiner (2001), orijinal İGE göstergelerini kullanarak 174 ülke için standart ve ağırlık kısıtlanmalı VZA temelli İGE değerlerini hesaplamıştır. Lee vd. (2006), İGE bileşenlerinin optimal ağırlıklarından yararlanarak Asya ve Pasifik bölgesindeki 27 ülkenin performansını bulanık çok amaçlı VZA modeli aracılığıyla değerlendirmiştir. Zhou vd. (2010) ise aynı örneklem üzerinde yürüttükleri çalışmalarında, gösterge ağırlıklarını bir dizi çarpımsal VZA modelinin çözümüne elde etmiştir.

ÇKKV tabanlı çalışmalara bakıldığında ise örneğin, Soltanpanah vd.'nin (2010), boyut ağırlıklarını hesaplamak için ENTROPİ ve AHP, ülkeleri gelişmişliklerine göre sıralamak için ise SAW, TOPSIS ve taksonomi analizi yöntemlerinden yararlandığı görülmektedir. Yazarlar, ENTROPİ yönteminde en yüksek ağırlığa sahip boyutun gelir, AHP yönteminde ise eğitim olduğunu belirlemiştir. Benzer şekilde, Paksoy (2015) insani gelişmişlik göstergelerine eşit ağırlık verdiği çalışmada, birinci aşamada sadece İGE göstergelerini, ikinci aşamada ise bu göstergelere ek olarak tanımladığı diğer bileşik göstergeleri dikkate alarak Türkiye ve Avrupa Birliği ülkelerinin sıralamalarını VIKOR yöntemi ile analiz etmiştir. 28 Avrupa Birliği ülkesi ve Türkiye üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında İGE göstergeleriyle birlikte Avrupa Yaşam Kalitesi Anketi'nden seçilen göstergeleri bir arada değerlendiren Orakçı ve Özdemir (2017), göstergeleri ağırlıklandırmak için ENTROPİ ve CRITIC; ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirlemek için ise GRA ve MOORA yöntemlerini kullanmıştır. Monteiro vd. (2018), İGE'nin üç boyutunu kullanarak ve tüm boyutların aynı ağırlığa sahip olduğunu varsayarak 188 ülkenin İGE sınıflandırması için ELECTRE-TRI yöntemini kullanmıştır. Özcan ve Oktay (2020), ülkelerin insani gelişme sınıflandırmasını UTADIS yaklaşımı ile gerçekleştirmiş, gelir kriterinin en yüksek öneme sahip olduğunu belirlemiş ve kriter ağırlıklarındaki değişimlerin ülkelerin sınıflandırmasını da değiştirdiğini ifade etmiştir. Omrani vd. (2020), İran'daki şehirleri ele aldığı çalışmalarında İGE göstergelerine ek kriterler tanımlamış ve şehirlerin gelişmişlik düzeylerini değerlendirmek amacıyla uzman görüşlerinin de hesaba katıldığı BWM tabanlı MULTIMOORA yaklaşımını önermiştir. Jin vd. (2020), İGE'nin gelişmiş bir versiyonunu elde etmek amacıyla toplam 12 göstergeye dayandırdıkları çalışmalarında ENTROPİ yönteminden yararlanmıştır. Benzer şekilde, Karagiannis ve Karagiannis (2020) ENTROPİ yaklaşımına dayalı İGE ağırlıklandırması üzerine bir çerçeve önermiş ve 187 ülkenin İGE skorlarını yeniden hesaplamıştır. Altıntaş (2020), Doğu Avrupa bölgesinde yer alan Avrupa Birliği'ne üye ülkelerin İGE göstergelerini öncelikle ENTROPİ yöntemi ile ağırlıklandırmış, ardından söz konusu ülkelerin insani gelişmişlik düzeylerini ARAS ve EDAS yöntemleri ile hesaplanmıştır. Sonuçların UNDP'nin İGE verileri ile karşılaştırmalı olarak sunulduğu çalışmada kişi başına düşen gayrisafi milli gelir en yüksek önem düzeyine sahip kriter olarak belirlenmiştir. Yılmaz ve Koca (2021), İGE ve özgürlük endeksi verilerinden yararlanarak ARAS, SAW, MAUT ve Borda Sayım yöntemleri ile 148 ülkenin insani gelişmişlik sıralamalarını karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Toplam altı boyutun dikkate alındığı çalışmada, boyutların eşit ağırlıkta olduğu kabul edilmiştir. Arsu (2022), CRITIC ve COPRAS tekniklerini bütünleşik olarak kullanmış ve İGE göstergelerine ek olarak farklı kriterleri de analize dahil etmiştir. BRICS ve MINT ülkelerinin ele alındığı çalışmada, ekonomik büyüme oranı göstergesi en önemli kriter olarak belirlenmiştir. Akyüz ve Çetin (2022), öncelikle Türkiye'deki 81 ilin dört göstergeye dayalı orijinal İGE değerlerini hesaplamış, sonrasında ise kriter ağırlıklarını eşit kabul ederek VIKOR yöntemi ile 14

göstergenin kullanıldığı alternatif bir İGE performans ölçümü önermiştir. Kargı (2025), G-20 ülkelerinin gelişmişlik düzeylerini hesaplamak için objektif ağırlıklandırma yöntemlerinden MEREC tekniğini EDAS yöntemi ile bütünleşik bir şekilde kullanmıştır. Çalışmada, en yüksek ağırlığa sahip kriter kişi başına düşen gayrisafi milli gelir olarak belirlenirken, bu kriteri sırasıyla doğumda beklenen yaşam süresi, beklenen öğrenim süresi ve ortalama öğrenim süresi göstergeleri takip etmiştir.

Sonuç olarak, objektif ağırlıklandırma yöntemlerini kullanarak illerin/ülkelerin insani gelişme düzeylerini değerlendiren çalışmalar bulunmakla birlikte, önceki araştırmaların önemli bir kısmı, İGE’de olduğu gibi tüm göstergelere eşit ağırlık verilmesi varsayımını sürdürmektedir. Ayrıca bu çalışmaların bir bölümü, UNDP tarafından tanımlanan standart İGE boyutları yerine alternatif ya da genişletilmiş gösterge setlerini kullanmakta ve metodolojik yapı çoğu zaman sınırlı düzeyde ele alınmaktadır. Bu çalışma ise, bu alandaki mevcut sınırlılığını gidermeyi amaçlayarak UNDP tarafından belirlenen orijinal İGE göstergelerine odaklanmakta ve beş farklı objektif ağırlıklandırma yöntemini (ENTROPİ, CRITIC, ECWM, MEREC ve LOPCOW) İGE veri seti üzerinde karşılaştırmalı olarak uygulayan ilk çalışmalardan biri olma özelliğini taşımaktadır. Böylece, İGE bileşenlerinin öneminin kullanılan yöntemle göre nasıl değiştiği karşılaştırmalı bir çerçeveye ortaya konulmaktadır.

## 2. YÖNTEM

Bu çalışmada, ağırlıkların hesaplanmasında ENTROPİ ve CRITIC gibi yerleşik objektif yöntemlerin yanı sıra, ECWM, MEREC ve LOPCOW gibi görece yeni tekniklerden yararlanılmış; elde edilen ağırlıklar TOPSIS yöntemiyle bütünleşik bir şekilde kullanılmıştır. TOPSIS’in seçilmesinin başlıca nedenleri, yöntemin kolay anlaşılır ve uygulanabilir bir yapıya sahip olması, güvenilir sıralama sonuçları üretmesi (Mokhtarian ve Hadi-Vencheh, 2012), ağırlık setlerindeki değişime duyarlılık göstermesi (Li vd., 2013), literatürde geniş bir kullanım alanı bulması ve farklı ağırlıklandırma tekniklerine entegre edilebilmesi olarak sıralanabilir.

### 2.1. ENTROPİ

Objektif bir ağırlıklandırma yöntemi olan ENTROPİ, ilk olarak Shannon (1948) tarafından bilgi teorisine kazandırılmıştır. Bilgi içeriği yüksek göstergeleri ön plana çıkaran bu yöntem, orta düzeyde bir hesaplama süresi gerektirmektedir (Ecer ve Pamucar, 2022). Bununla birlikte, varyansa aşırı duyarlı olması ve değişkenler arası korelasyonu dikkate almaması nedeniyle, özellikle değişkenler arasında yüksek korelasyonun bulunduğu durumlarda değerlendirme sonuçları olumsuz etkilenebilmektedir (Zafar vd. 2021).  $m$  alternatif sayısını,  $n$  kriter sayısını ve  $x_{ij}$   $j$ . kritere göre  $i$ . alternatifin aldığı değeri göstermek üzere ENTROPİ yönteminde uygulanan adımlar aşağıdaki gibidir:

*ENTROPİ Adım 1:* Karar matrisi  $X = [x_{ij}]_{m \times n}$  eşitlik (1) kullanılarak normalize edilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad \forall i, j \quad (1)$$

*ENTROPİ Adım 2:* Her bir kritere ait ENTROPİ değeri, eşitlik (2) aracılığıyla elde edilir.

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m x_{ij}^* \ln(x_{ij}^*) \quad k = \frac{1}{\ln(m)} \quad \forall j \quad (2)$$

*ENTROPİ Adım 3:* Kriterlerin farklılaşma dereceleri, eşitlik (3) ile belirlenir.

$$d_j = 1 - e_j \quad \forall j \quad (3)$$

*ENTROPİ Adım 4:* ENTROPİ yönteminin ağırlıkları ( $ew_j$ ) eşitlik (4) yardımıyla hesaplanır.

$$ew_j = \frac{d_j}{\sum_{k=1}^n d_k} \quad \forall j \quad (4)$$

## 2.2. CRITIC

CRITIC, Diakoulaki vd.'nin (1995) geliştirdiği objektif bir kriter ağırlıklandırma yöntemidir. Hem varyasyonu hem de kriterler arası korelasyonu eř zamanlı olarak dikkate alan yöntem (Peng vd., 2020), orta düzeyde bir hesaplama süresi ile karakterize edilmektedir (Ecer ve Pamucar, 2022). CRITIC yönteminde uygulanan adımlar aşağıdaki gibidir:

*CRITIC Adım 1.* Karar matrisi  $X = [x_{ij}]_{m \times n}$  fayda kriterleri için eşitlik (5) ve maliyet kriterleri için eşitlik (6) kullanılarak normalize edilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad \forall i, j \quad (5)$$

$$x_{ij}^* = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad \forall i, j \quad (6)$$

*CRITIC Adım 2.* Korelasyon matrisi  $R = [r_{jk}]_{n \times n}$  eşitlik (7) aracılığıyla oluşturulur.

$$r_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij}^* - \bar{x}_j^*)(x_{ik}^* - \bar{x}_k^*)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij}^* - \bar{x}_j^*)^2 \sum_{i=1}^m (x_{ik}^* - \bar{x}_k^*)^2}} \quad \forall j, k \quad (7)$$

*CRITIC Adım 3.* Her bir kriterin standart sapması eşitlik (8) ile belirlenir.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij}^* - \bar{x}_j^*)^2}{m}} \quad \forall j \quad (8)$$

*CRITIC Adım 4.* Eşitlik (9) kullanılarak bilgi miktarı hesaplanır.

$$c_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - r_{jk}) \quad \forall j \quad (9)$$

*CRITIC Adım 5.* CRITIC yönteminin ağırlıkları ( $cw_j$ ) eşitlik (10) yardımıyla hesaplanır.

$$cw_j = \frac{c_j}{\sum_{k=1}^n c_k} \quad \forall j \quad (10)$$

## 2.3. ECWM

ENTROPİ yönteminin sınırlılıklarını gidermek amacıyla, ENTROPİ ve CRITIC tekniklerinin birleşimine dayanan ECWM, yeni bir ağırlıklandırma atama yöntemi olarak Zafar vd. (2021) tarafından önerilmiştir. ECWM yönteminde, ENTROPİ ve CRITIC yaklaşımlarından ayrı ayrı elde edilen ağırlık setleri ( $ew_j, cw_j$ ),  $\gamma + \beta = 1$  olacak şekilde eşitlik (11) kullanılarak birleştirilir ve böylece ECWM yönteminin ağırlıkları ( $ecw_j$ ) hesaplanır:

$$ecw_j = \frac{(\gamma ew_j + \beta cw_j)}{2} \quad \forall j \quad (11)$$

## 2.4. MEREC

Keshavarz-Ghorabae vd. (2021) tarafından literatüre kazandırılan MEREC yöntemi, bir kriter analizden çıkarıldığında alternatiflerin performans sonuçlarında meydana gelen değişimi ölçerek, etkisi en yüksek olan değişkenleri tespit etmekte ve bu kriterlere daha yüksek ağırlıklar atamaktadır. Nispeten yeni bir ağırlıklandırma yaklaşımı olan MEREC, karmaşık hesaplamalar gerektirmemesi sayesinde öne çıkmaktadır (Ayan vd., 2023). Ancak yöntemin, kriter setinden her bir kriterin ayrı ayrı çıkarılarak tekrar tekrar hesaplama yapılmasını gerektirmesi, özellikle

kriter sayısının fazla olduğu durumlarda hesaplama yükünü ciddi düzeyde artırabilmektedir. MEREC yönteminde uygulanan adımlar aşağıdaki gibidir:

*MEREC Adım 1.* Karar matrisi  $X = [x_{ij}]_{m \times n}$  fayda kriterleri için eşitlik (12) ve maliyet kriterleri için eşitlik (13) kullanılarak normalize edilir.

$$x_{ij}^* = \frac{\min(x_{ij})}{x_{ij}} \quad \forall i, j \quad (12)$$

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\max(x_{ij})} \quad \forall i, j \quad (13)$$

*MEREC Adım 2.* Eşitlik (14) yardımıyla her bir alternatif için genel performans değerleri ( $p_i$ ) hesaplanır.

$$p_i = \ln \left( 1 + \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |\ln(x_{ij}^*)| \right) \right) \quad \forall i \quad (14)$$

*MEREC Adım 3.* Kriter setinden her bir kriter ayrı ayrı çıkarılarak alternatiflerin performans değerlerine ( $p'_{ij}$ ) ulaşılır.

$$p'_{ij} = \ln \left( 1 + \left( \frac{1}{n} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^n |\ln(x_{ik}^*)| \right) \right) \quad \forall i, j \quad (15)$$

*MEREC Adım 4.* Eşitlik (16) kullanılarak  $j$ . kriterinin kaldırılmasının etkisi hesaplanır.

$$re_j = \sum_{i=1}^m |p'_{ij} - p_i| \quad \forall j \quad (16)$$

*MEREC Adım 5.* MEREC yönteminin ağırlıkları ( $mw_j$ ) eşitlik (17) yardımıyla hesaplanır.

$$mw_j = \frac{re_j}{\sum_{k=1}^n re_k} \quad \forall j \quad (17)$$

## 2.5. LOPCOW

Ecer ve Pamucar (2022) tarafından geliştirilen LOPCOW yöntemi, ENTROPİ yöntemine kıyasla daha makul ağırlıklar üretmeyi ve veri boyutundan kaynaklanan farkları ortadan kaldırmayı vadetmektedir. LOPCOW yönteminde uygulanan adımlar aşağıdaki gibidir:

*LOPCOW Adım 1.* Karar matrisi  $X = [x_{ij}]_{m \times n}$  fayda kriterleri için eşitlik (18) ve maliyet kriterleri için eşitlik (19) kullanılarak normalize edilir. Normalizasyon işlemi CRITIC yöntemiyle aynıdır.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad \forall i, j \quad (18)$$

$$x_{ij}^* = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad \forall i, j \quad (19)$$

*LOPCOW Adım 2.* Eşitlik (20) kullanılarak her bir kriterin yüzde değerlerine (percentage values –  $pv_j$ ) ulaşılır.

$$pv_j = \left| \ln \left( \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij}^*)^2}{m}}}{\sigma_j} \right) * 100 \right| \quad \forall j \quad (20)$$

*LOPCOW Adım 3.* LOPCOW yönteminin ağırlıkları ( $lw_j$ ) eşitlik (21) yardımıyla hesaplanır.

$$lw_j = \frac{pv_j}{\sum_{k=1}^n pv_k} \quad \forall j \quad (21)$$

## 2.6. TOPSIS

TOPSIS, Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen bir ÇKKV yöntemidir. TOPSIS yönteminde uygulanan adımlar aşağıdaki gibidir:

*TOPSIS Adım 1.* Karar matrisi  $X = [x_{ij}]_{m \times n}$  eşitlik (22) kullanılarak normalize edilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad \forall i, j \quad (22)$$

*TOPSIS Adım 2.* Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi eşitlik (23) yardımıyla belirlenir.

$$v_{ij} = w_j x_{ij}^* \quad \forall i, j \quad (23)$$

*TOPSIS Adım 3.*  $J$  fayda,  $J'$  maliyet kriterlerini temsil etmek üzere, pozitif ve negatif ideal çözümler sırasıyla eşitlik (24) ve eşitlik (25) ile oluşturulur.

$$a^* = \{(\max_i v_{ij} | j \in J), (\min_i v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} \quad (24)$$

$$a^- = \{(\min_i v_{ij} | j \in J), (\max_i v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (25)$$

*TOPSIS Adım 4.* Her bir alternatif için eşitlik (26) ile pozitif, eşitlik (27) ile ise negatif ideal çözüme olan uzaklıklar hesaplanır.

$$s_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad \forall i \quad (26)$$

$$s_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad \forall i \quad (27)$$

*TOPSIS Adım 5.* Her bir alternatif için eşitlik (28) kullanılarak ideal çözüme göreli yakınlık değerine ( $t_i^*$ ) ulaşılr. En yüksek  $t_i^*$  değerine sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir.

$$t_i^* = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^*} \quad \forall i \quad (28)$$

## 3. BULGULAR

Analiz, dört temel İGE göstergesine odaklanmaktadır: doğumda beklenen yaşam süresi, beklenen öğrenim süresi, ortalama öğrenim süresi ve kişi başına düşen gayrisafi milli gelir. Tüm göstergeler fayda yönelimli olup, analiz kapsamı Avrupa Birliği ülkeleri ile sınırlandırılmıştır. Veriler, İnsani Gelişmişlik Raporu 2025'ten (UNDP, 2025b) derlenmiş olup, raporda yer alan istatistikler 2023 yılını esas almaktadır. Çalışmada kullanılan objektif ağırlıklandırma yöntemleri farklı teorik yaklaşımlara dayandığından, elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla Pearson korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Ayrıca, ECWM yöntemiyle ağırlıkların hesaplanmasında  $\gamma = \beta = 0,5$  olarak belirlenmiştir.

**Tablo 1.** Kriter ağırlıkları

	Doğumda beklenen yaşam süresi	Beklenen öğrenim süresi	Ortalama öğrenim süresi	Kişi başına düşen gayrisafi milli gelir	Standart sapma
ENTROPİ	0,01	0,09	0,07	0,83	0,34
CRITIC	0,29	0,22	0,28	0,21	0,03
ECWM	0,15	0,16	0,17	0,52	0,16
MEREC	0,07	0,20	0,26	0,47	0,15
LOPCOW	0,25	0,24	0,35	0,16	0,07

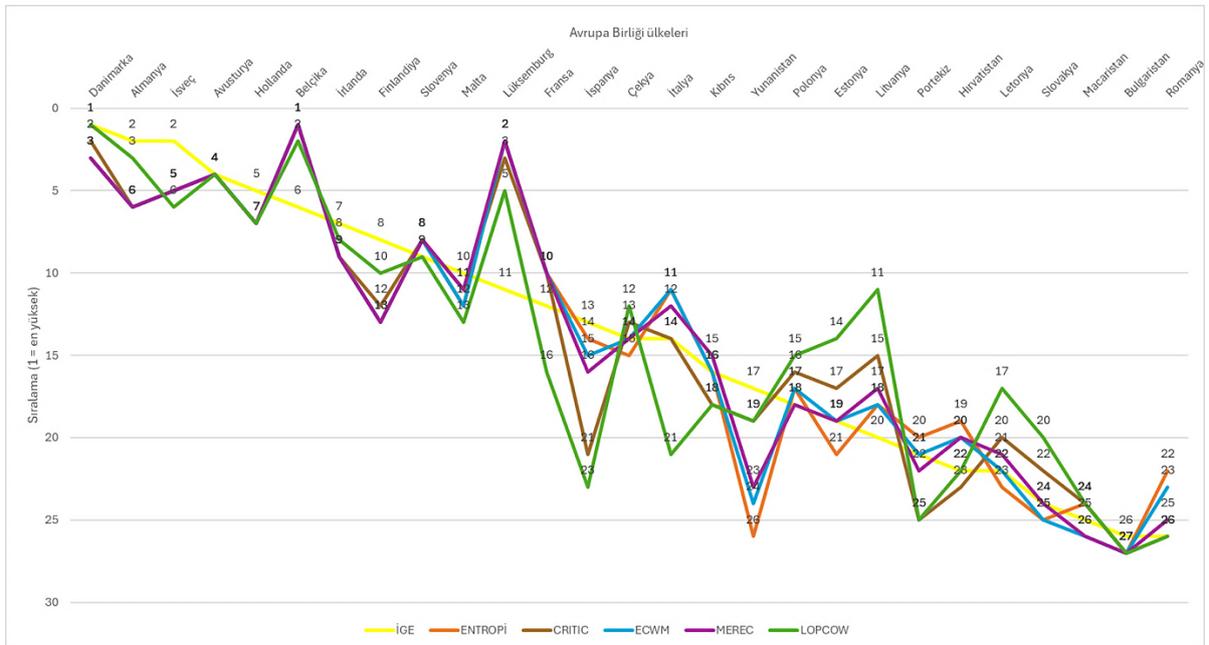
ENTROPİ, CRITIC, ECWM, MEREC ve LOPCOW yöntemleri ile elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 1’de verilmiştir. Buna göre, ENTROPİ, ECWM ve MEREC yöntemlerinde kişi başına düşen gayrisafi milli gelir kriterinin baskın şekilde ön plana çıktığı görülmektedir. Buna karşılık, CRITIC yöntemi doğumda beklenen yaşam süresine, LOPCOW yöntemi ise ortalama öğrenim süresine en yüksek ağırlığı atamıştır. Standart sapma değerleri incelendiğinde, CRITIC ve LOPCOW yöntemlerinin görece dengeli bir ağırlık dağılımı ortaya koyduğu söylenebilir. Öte yandan, MEREC, ECWM ve ENTROPİ yöntemleri, kriterler arasında belirgin farklılık gösteren ağırlıklar üretmiştir. Özellikle ENTROPİ’nin 0,34 ile en yüksek standart sapma değerine sahip olması, yöntemin kriterler arasında dramatik farklar yaratma eğilimini doğrulamaktadır.

**Tablo 2.** Yöntemler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

	ENTROPİ	CRITIC	ECWM	MEREC	LOPCOW
ENTROPİ	1,000	-0,684	0,997	0,909	-0,758
CRITIC	-0,684	1,000	-0,626	-0,656	0,749
ECWM	0,997	-0,626	1,000	0,905	-0,728
MEREC	0,909	-0,656	0,905	1,000	-0,468
LOPCOW	-0,758	0,749	-0,728	-0,468	1,000

Objektif ağırlıklandırma yöntemlerine ilişkin Pearson korelasyon katsayılarının sunulduğu Tablo 2 incelendiğinde, yöntemler arasındaki ilişkilerin yönü ve gücünün belirgin biçimde farklılaştığı tespit edilmektedir. ENTROPİ, ECWM ve MEREC yöntemleri arasında oldukça yüksek düzeyde pozitif korelasyon değerleri bulunmakta olup, bu durum söz konusu yöntemlerin benzer ağırlıklandırma desenleri ürettiğini göstermektedir. Buna karşılık CRITIC ve LOPCOW, kendi aralarındaki pozitif ilişki dışında, diğer tüm yöntemlerle negatif yönde ilişkilidir. Bu bulgu, ilgili yöntemlerin kriter önemini değerlendirme konusundaki farklı yaklaşımlarını ortaya koymaktadır.

**Şekil 1.** İGE ve objektif ağırlıklandırma temelli TOPSIS sıralamalarının dağılımı



İGE ve objektif ağırlıklandırma temelli TOPSIS bulguları Şekil 1 ve Tablo 3 verilmiştir. Çalışmada, UNDP’nin 193 ülke için yayımladığı küresel sıralamalar esas alınmış; ancak analizde Avrupa Birliği ülkeleri, kendi içinde 1–27 aralığında yeniden derecelendirilmiştir. Bulgular birlikte incelendiğinde, objektif ağırlıklandırma yöntemlerinin ürettiği ağırlıkların TOPSIS yöntemiyle bütünleştirilmesi sonucu ortaya çıkan ülke sıralamalarının, İGE 2025

sıralamalarıyla tam olarak örtüşmediği görülmektedir. Veri odaklı ağırlıklandırma yöntemleri ile TOPSIS'in bütünleşik kullanımı, İGE'nin geometrik ortalama ve eşit ağırlık yaklaşımından farklı sonuçlar üretmiştir. Örneğin, Belçika ve Lüksemburg objektif ağırlıklandırmaya dayalı sıralamalarda daha üst basamaklara yükselirken, İspanya ve Yunanistan gibi bazı ülkeler daha alt sıralara gerilemiştir. Orijinal İGE sıralamaları ile objektif ağırlıklandırma + TOPSIS sonuçları arasındaki maksimum fark 8–10 basamak civarındadır. Bu durum, veri odaklı ağırlıklandırma yöntemlerinin, her bir göstergenin görece önemini ülke özelinde farklı şekilde yansıttığını göstermektedir.

**Tablo 3.** İGE sıralamaları, objektif ağırlıklandırma temelli TOPSIS sıralamaları ve sıralama farkları<sup>2</sup>

Ülkeler	İGE (2)	ENTROPİ (3)	CRITIC (4)	ECWM (5)	MEREC (6)	LOPCOW (7)	2 – 3  sıra farkı	2 – 4  sıra farkı	2 – 5  sıra farkı	2 – 6  sıra farkı	2 – 7  sıra farkı
Danimarka	1	3	2	3	3	1	2	1	2	2	0
Almanya	2	6	6	6	6	3	4	4	4	4	1
İsveç	2	5	5	5	5	6	3	3	3	3	4
Avusturya	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0
Hollanda	5	7	7	7	7	7	2	2	2	2	2
Belçika	6	1	1	1	1	2	5	5	5	5	4
İrlanda	7	9	9	9	9	8	2	2	2	2	1
Finlandiya	8	13	12	13	13	10	5	4	5	5	2
Slovenya	9	8	8	8	8	9	1	1	1	1	0
Malta	10	12	11	12	11	13	2	1	2	1	3
Lüksemburg	11	2	3	2	2	5	9	8	9	9	6
Fransa	12	10	10	10	10	16	2	2	2	2	4
İspanya	13	14	21	15	16	23	1	8	2	3	10
Çekya	14	15	13	14	14	12	1	1	0	0	2
İtalya	14	11	14	11	12	21	3	0	3	2	7
Kıbrıs	16	16	18	16	15	18	0	2	0	1	2
Yunanistan	17	26	19	24	23	19	9	2	7	6	2
Polonya	18	17	16	17	18	15	1	2	1	0	3
Estonya	19	21	17	19	19	14	2	2	0	0	5
Litvanya	20	18	15	18	17	11	2	5	2	3	9
Portekiz	21	20	25	21	22	25	1	4	0	1	4
Hırvatistan	22	19	23	20	20	22	3	1	2	2	0
Letonya	22	23	20	22	21	17	1	2	0	1	5
Slovakya	24	25	22	25	24	20	1	2	1	0	4
Macaristan	25	24	24	26	26	24	1	1	1	1	1
Bulgaristan	26	27	27	27	27	27	1	1	1	1	1
Romanya	26	22	26	23	25	26	4	0	3	1	0
	Maksimum sıra farkı						9	8	9	9	10

## SONUÇ

Bu çalışmada, İnsani Gelişme Endeksi (İGE) göstergelerinin objektif Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) ağırlıklandırma yöntemleri kullanılarak hesaplanması yoluyla, insani gelişmenin ölçümünün daha bilimsel ve veri temelli bir zemine oturtulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, beş objektif ağırlıklandırma yöntemi (ENTROPİ, CRITIC, ECWM, MEREC ve LOPCOW) karşılaştırmalı olarak incelenmiş; elde edilen ağırlıklar TOPSIS yöntemiyle bütünleşik olarak kullanılarak Avrupa Birliği ülkeleri için alternatif ülke sıralamaları oluşturulmuştur.

Çalışmanın bulguları genel olarak kullanılan ağırlıklandırma yönteminin, İGE göstergelerinin önemini ve buna bağlı ülke sıralamalarını önemli ölçüde değiştirebileceği yönündedir. Daha açık bir ifadeyle bulgular, objektif ağırlıklandırma yöntemlerinin farklı teorik temellere dayanması nedeniyle aynı veri seti üzerinde farklı ağırlık desenleri ürettiğini ve bu durumun da

<sup>2</sup> Tablo 3'te parantez içindeki sütun numaraları ((3)–(8)) ilgili ağırlıklandırma yöntemi tabanlı TOPSIS sıralamalarını göstermektedir. 2. sütunda İGE sıralamaları yer almakta olup, "sıra farkı" sütunlarında TOPSIS ve İGE sıralamaları arasındaki farkın mutlak değeri verilmiştir.

sonuçlar üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle ENTROPİ, ECWM ve MEREC yöntemleri, kişi başına düşen gayrisafı milli geliri en yüksek ağırlıklı kriter olarak ön plana çıkarırken; CRITIC yöntemi doğumda beklenen yaşam süresine, LOPCOW yöntemi ise ortalama öğrenim süresine en yüksek ağırlığı atamıştır. Standart sapma değerleri, CRITIC ve LOPCOW yöntemlerinin daha dengeli ağırlık dağılımları ürettiğini; buna karşılık ENTROPİ, ECWM ve MEREC yöntemlerinin daha değişken ağırlıklar oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca LOPCOW yönteminin ENTROPİ yöntemine kıyasla daha makul ağırlıklar üretme vaadini yerine getirdiği de tespit edilmektedir. Gerçekleştirilen korelasyon analizi de ENTROPİ-ECWM-MEREC arasında güçlü pozitif ilişkiler bulunduğunu, CRITIC ve LOPCOW'un ise diğer yöntemlerle negatif yönde ilişki sergilediğini ortaya koymuştur.

TOPSIS yöntemiyle elde edilen ülke sıralamalarının, İGE'nin geometrik ortalama ve eşit ağırlık yaklaşımıyla tam olarak rtuşmediği; bazı ülkelerin sıralamalarda birkaç basamak yükseldiği veya gerilediği gözlemlenmiştir. Bu bulgu Soltanpanah vd. (2010), zcan ve Oktay (2020) ve Altıntaş (2020) tarafından yapılan çalışmalarla da uyumludur. Tüm bu farklılıklar, eşit ağırlık varsayımının ülkelerin göreli konumlarını kısmen arpıtılabildiğini ve veri odaklı ağırlıklandırma yaklaşımının karar vericilere daha duyarlı ve gerçekçi bir değerlendirme erevesi sunduğunu göstermektedir. Paruolo vd.'nin (2013) de ifade ettiği üzere, İGE'nin hesaplanmasında uygun teorik ve metodolojik altyapıya dayanan bir hesaplama erevesi yerine yapının basitliğini dikkate alan bir yaklaşımın (aritmetik veya geometrik ortalama) benimsenmesinin bilgi kaybı ve yanılıtcılık riskine yol açacağı unutulmamalıdır. Bununla birlikte, kullanılacak ağırlıklandırma yönteminin problemin doğasına uygun olarak seçilmesi de büyük önem arz etmektedir. Örneğin, ECWM yöntemi hem ENTROPİ hem de CRITIC hesaplamalarını gerektirdiği için İGE'nin şeffaflık ilkesine kısmen ters düşebilir.

Gelecek alışmalar için diğer veri odaklı ağırlıklandırma yöntemlerini de kapsayacak bir incelemenin yapılması ve duyarlılık analizleriyle desteklenen karşılaştırmalar yapılarak, İGE'nin hesaplanmasında en uygun tekniğin belirlenmesi planlanmaktadır. Ayrıca, analizin İGE raporunda yer alan tüm ülkeleri kapsayacak şekilde genişletilmesi ve yöntemlerin farklı bölgesel veya sosyoekonomik gruplar üzerinde uygulanması önerilmektedir. Böylelikle, insani gelişmenin daha kapsamlı, dinamik ve veriye duyarlı bir biçimde değerlendirilmesine katkı sağlanabilecektir.

## KAYNAKÇA

Akyüz, B. E., & etin, E. İ. (2022). İnsani gelişme endeksi ve VIKOR yöntemine göre Türkiye'deki illerin sıralaması. *Verimlilik Dergisi*, (1), 60-77. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.824462>

Altıntaş, F. F. (2020). Doğu Avrupa bölgesindeki Avrupa Birliği'ne ye ülkelerin insani gelişmişlik endekslerinin entropi tabanlı aras ve edas yöntemleri ile değerlendirilmesi. *International Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, 6(30), 508-522. <http://dx.doi.org/10.31576/smryj.491>

Arsu, T. (2022). Assessment of macroeconomic performances and human development levels of BRICS and MINT countries using CRITIC and COPRAS methods. *Pacific Business Review International*, 14(10), 1-19.

Ayan, B., Abacıoğlu, S., & Basilio, M. P. (2023). A comprehensive review of the novel weighting methods for multi-criteria decision-making. *Information*, 14(5), 285. <https://doi.org/10.3390/info14050285>

- Bilbao-Ubillos, J. (2013). Another approach to measuring human development: The composite dynamic human development index. *Social Indicators Research*, 111(2), 473-484. <https://doi.org/10.1007/s11205-012-0015-y>
- Chowdhury, S., & Squire, L. (2006). Setting weights for aggregate indices: An application to the commitment to development index and human development index. *The Journal of Development Studies*, 42(5), 761-771. <https://doi.org/10.1080/00220380600741904>
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & Operations Research*, 22(7), 763-770. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(94\)00059-H](https://doi.org/10.1016/0305-0548(94)00059-H)
- Ecer, F., & Pamucar, D. (2022). A novel LOPCOW-DOBI multi-criteria sustainability performance assessment methodology: An application in developing country banking sector. *Omega*, 112, 102690. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102690>
- Greco, S., Ishizaka, A., Tasiou, M., & Torrisi, G. (2019). On the methodological framework of composite indices: A review of the issues of weighting, aggregation, and robustness. *Social Indicators Research*, 141(1), 61-94. <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1832-9>
- Hwang, C. L. and Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. *Multiple attribute decision making* içinde (ss. 58-191). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Jin, H., Qian, X., Chin, T., & Zhang, H. (2020). A global assessment of sustainable development based on modification of the human development index via the entropy method. *Sustainability*, 12(8), 3251. <https://doi.org/10.3390/su12083251>
- Karagiannis, R., & Karagiannis, G. (2020). Constructing composite indicators with Shannon entropy: The case of human development index. *Socio-Economic Planning Sciences*, 70, 100701. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.03.007>
- Kargı, V. S. A. (2025). Ranking G-20 countries by human development index using objective MCDM techniques: An integrated MEREC–EDAS approach. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(4), 1579-1603. <https://doi.org/10.17755/esosder.1597932>
- Kelley, A. C. (1991). The human development index: "Handle with care". *Population and Development Review*, 17(2), 315-324. <https://doi.org/10.2307/1973733>
- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E.K., Turskis, Z., & Antucheviciene J. (2021). Determination of objective weights using a new method based on the removal effects of criteria (MEREC). *Symmetry*, 13(4), Article 525. <https://doi.org/10.3390/sym13040525>
- Lee, H. S., Lin, K., & Fang, H. H. (2006). A fuzzy multiple objective DEA for the human development index. Gabrys, B., Howlett, R.J., Jain, L.C. (Eds), *Knowledge-based intelligent information and engineering systems* (ss. 922-928) içinde. Berlin, Heidelberg: Springer. [https://doi.org/10.1007/11893004\\_118](https://doi.org/10.1007/11893004_118)
- Li, P., Qian, H., Wu, J., & Chen, J. (2013). Sensitivity analysis of TOPSIS method in water quality assessment: I. Sensitivity to the parameter weights. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(3), 2453-2461. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2723-9>
- Mahlberg, B., & Obersteiner, M. (2001). *Remeasuring the HDI by data envelopment analysis: Interim report IR-01-069*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied System Analysis.
- Mokhtarian, M. N. and Hadi-Vencheh, A. (2012). A new fuzzy TOPSIS method based on left and right scores: An application for determining an industrial zone for dairy products factory. *Applied Soft Computing*, 12(8), 2496-2505. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2012.03.042>

- Monteiro, R. L. D. C., Pereira, V., & Costa, H. G. (2018). A multicriteria approach to the human development index classification. *Social Indicators Research*, 136(2), 417-438. <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1556-x>
- Omrani, H., Alizadeh, A., & Amini, M. (2020). A new approach based on BWM and MULTIMOORA methods for calculating semi-human development index: An application for provinces of Iran. *Socio-Economic Planning Sciences*, 70, 100689. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.02.004>
- Orakçı, E., & Özdemir, A. (2017). Telafi edici çok kriterli karar verme yöntemleri ile Türkiye ve AB ülkelerinin insani gelişmişlik düzeylerinin belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1), 61-74.
- Özcan, K. A., & Oktay, E. (2020). Ülkelerin insani gelişmişlik sınıflamalarının UTADIS yaklaşımı aracılığıyla yeniden hesaplanması ve değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 34(3), 1153-1180. <https://doi.org/10.16951/atauniiibd.740505>
- Paksoy, S. (2015). Ülke göstergelerinin VİKOR yöntemi ile değerlendirilmesi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(2), 153-169.
- Paruolo, P., Saisana, M., & Saltelli, A. (2013). Ratings and rankings: Voodoo or science?. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, 176(3), 609-634. <https://doi.org/10.1111/j.1467-985X.2012.01059.x>
- Peng, X., Zhang, X., & Luo, Z. (2020). Pythagorean fuzzy MCDM method based on CoCoSo and CRITIC with score function for 5G industry evaluation. *Artificial Intelligence Review*, 53(5), 3813-3847. <https://doi.org/10.1007/s10462-019-09780-x>
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Soltanpanah, H., Farughi, H., & Golabi, M. (2010). Utilization and comparison of multi attribute decision techniques to rank countries upon human development rate. *International Research Journal of Finance and Economics*, 60, 175-188.
- Sulistiani, H., Pasaribu, A., Palupiningsih, P., Anwar, K., & Saputra, V. H. (2024). New TOPSIS: Modification of the TOPSIS method for objective determination of weighting. *International Journal of Intelligent Engineering & Systems*, 17(5), 991-1003. <https://doi.org/10.22266/ijies2024.1031.74>
- Tofallis, C. (2013). An automatic-democratic approach to weight setting for the new human development index. *Journal of Population Economics*, 26(4), 1325-1345. <https://doi.org/10.1007/s00148-012-0432-x>
- UNDP. (t.y.). *Human development report 2023/2024 technical notes*. [https://hdr.undp.org/sites/default/files/2023-24\\_HDR/hdr2023-24\\_technical\\_notes.pdf](https://hdr.undp.org/sites/default/files/2023-24_HDR/hdr2023-24_technical_notes.pdf) adresinden 20.07.2025'te alınmıştır.
- UNDP. (2025a). *Human development index (HDI)*. <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI> adresinden 20.07.2025'te alınmıştır.
- UNDP. (2025b). *Human development report 2025 – A matter of choice: People and possibilities in the age of AI*. <https://hdr.undp.org/system/files/documents/global-report-document/hdr2025reporten.pdf> adresinden 10.07.2025'te alınmıştır.
- Yılmaz, S., & Koca, G. (2021). Ülkeleri insani kalkınma endeksi açısından çok kriterli karar verme teknikleriyle değerlendirme. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(4), 719-734. <https://doi.org/10.29106/fesa.991542>

Zafar, S., Alamgir, Z., & Rehman, M. H. (2021). An effective blockchain evaluation system based on entropy-CRITIC weight method and MCDM techniques. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 14(5), 3110-3123. <https://doi.org/10.1007/s12083-021-01173-8>

Zhou, P., Ang, B. W., & Zhou, D. Q. (2010). Weighting and aggregation in composite indicator construction: A multiplicative optimization approach. *Social Indicators Research*, 96(1), 169-181. <https://doi.org/10.1007/s11205-009-9472-3>

## TİCARİ SERBESTLEŞMENİN İKİLİ TİCARET HACİMLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: TÜRKİYE İÇİN BİR ÇEKİMİ MODELİ ÖRNEĞİ

Özgür Engeloğlu<sup>1</sup>

### ÖZ

Ticaretin serbestleştirilmesi, ülkeler arasındaki uluslararası ticaretin geliştirilmesi açısından kritik bir adım olarak kabul edilmektedir. Ticaretteki engellerin azaltılması yoluyla, serbestleşme politikalarının, piyasalara erişimi artırması, verimliliği yükseltmesi ve ikili ticaret akışlarını teşvik etmesi beklenmektedir. Bu çalışma, Türkiye ile ticaret ortakları arasındaki ikili ticaret dinamikleri üzerinde, ticaretin serbestleşmesinin etkisini incelemektedir. Ayrıca, dini yakınlık ve ortak sınır gibi etkenlerin bu etkinin düzeyini artırıp artırmadığı ya da azaltıp azaltmadığı da incelenmiştir. Ampirik analizde literatürde sıklıkla kullanılan çekim modeli tercih edilmiştir. Modelde bağımlı değişken ikili ticaret hacmi iken, bağımsız değişkenler ise ticari serbestleşme endeksi, GSYH, ülkeler arası mesafe ve hükümet etkinliği şeklindedir. Panel veri seti, 2004-2024 arasındaki dönemi kapsamakta ve Türkiye'nin ticaret hacminin en yüksek olduğu 50 ülkeden, verileri elde edilebilen 45 tanesini içermektedir. Analiz için en uygun yöntem olarak rassal etkiler modelinin belirlendiği çalışmada potansiyel değişen varyans ve otokorelasyon problemini aşmak için Driscoll Kraay standart hataları kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, ticari serbestleşmenin ikili ticaret hacimlerini anlamlı biçimde artırdığını göstermektedir. Ayrıca çekim modeli literatürü ile uyumlu olarak ikili ticaret üzerinde ülkelerin ekonomik büyüklüğünün pozitif, ülkeler arası mesafenin ise negatif etkisi vardır. Buna karşılık, dini yakınlık değişkeninin ticari serbestleşme üzerinde anlamlı bir düzenleyici etkisi bulunmamıştır. Ortak sınır değişkeninin ise ticari serbestleşme üzerinde kısmi bir etkisi söz konusudur.

**Anahtar Kelimeler:** Türkiye, İkili ticaret, Çekim modeli, Panel veri analizi, Driscoll Kraay

## THE IMPACT OF TRADE LIBERALIZATION ON BILATERAL TRADE VOLUMES: A GRAVITY MODEL CASE FOR TURKEY

### ABSTRACT

Trade liberalization is widely regarded as a critical step in enhancing international trade between countries. By reducing trade barriers, liberalization policies are expected to improve market access, increase efficiency, and stimulate bilateral trade flows. This study examines the effect of trade liberalization on the dynamics of bilateral trade between Turkey and its trading partners. In addition, it investigates whether factors such as religious similarity and shared borders amplify or diminish this effect. The empirical analysis employs the gravity model, which is frequently used in the literature. In the model, the dependent variable is bilateral trade volume, while the independent variables include the trade liberalization index, GDP, geographic distance, and government effectiveness. The panel dataset covers the period 2004–2024 and consists of 45 out of Turkey's top 50 trading partners for which data are available. The random effects model was identified as the most appropriate estimation method, and Driscoll–Kraay standard errors were used to address potential heteroskedasticity and autocorrelation problems. The findings indicate that trade liberalization significantly increases bilateral trade volumes. Furthermore, in line with the gravity model literature, economic size has a positive effect, while distance has a negative effect on bilateral trade. In contrast, religious similarity was found to have no significant moderating role on the impact of trade liberalization. The shared border variable, however, has a partial effect on trade liberalization.

**Keywords:** Turkey, Bilateral trade, Gravity model, Panel data analysis, Driscoll–Kraay

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Kırıkkale Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, [ozgurengelolu@kku.edu.tr](mailto:ozgurengelolu@kku.edu.tr), ORCID: 0000-0003-4072-767X

## GİRİŞ

Küresel ekonomik konjonktürde devletler arası ilişkilerin temel unsurlarından birisi ikili ticaret hareketleridir. Ticaretin serbestleşmesine yönelik adımların da bu ilişkileri güçlendirmesi beklenmektedir. Gümrük vergilerinin ve tarife dışı engellerin azaltılması, piyasalara erişimin kolay bir hale getirilmesi ülkeler arası ticaret akışını hızlandıracak, ekonomik entegrasyonu artıracaktır. Dolayısıyla ticaretin serbestleşmesi ikili ticareti derinleştirecek, bu da ülkeler arası ilişkilerin gelişimine katkı sağlayacaktır. Ticaretin serbestleşmesiyle artan bu ilişki sonucunda oluşacak karşılıklı bağımlılık sadece ekonomik açıdan değil siyasi açıdan da ülkeler arası ilişkilerde önemli rol oynayacaktır.

Ticaretin serbestleşmesi ülkeler arasındaki ikili ticareti etkileyecek yegâne unsur değildir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi, coğrafi açıdan yakınlıkları, mevcut ticaret altyapıları, kültürel durumları gibi faktörlerin de ikili ticaret üzerinde önemli etkilerinin olması beklenmektedir.

Bu çalışma, Türkiye ile ticaret ortakları arasındaki ikili ticaret dinamikleri üzerinde, ticaretin serbestleşmesinin etkisini incelemektedir. Çalışmada ticari serbestleşme dışında, ekonomik büyüklük, mesafe ve hükümet etkinliği gibi değişkenlerin de ikili ticaret üzerindeki etkisi ele alınmıştır. Ayrıca, dini yakınlık ve ortak sınır gibi etkenlerin bu serbestleşmenin etkisini artırıp artırmadığı ya da azaltıp azaltmadığı da incelenmiştir.

İkili ticareti etkileyen unsurları ölçmek için genişletilmiş çekim modeli tercih edilmiştir. Uluslararası ticaret literatüründe çekim modeli, iki ülke arasındaki ticaretin belirleyicilerini incelemek amacıyla yaygın olarak kullanılan ampirik araçlardan biridir. Tinbergen (1962) tarafından geliştirilen bu model, iki ülkenin ekonomik büyüklükleri ve aralarındaki mesafenin ticaret hacminin ana belirleyicileri olduğunu öne sürer. Söz konusu model, zamanla geliştirilerek ekonomik büyüklük ve mesafe dışındaki değişkenlerin de modele eklenmesiyle daha kapsamlı hale gelmiştir. Böylece çok sayıda farklı etkenin de ikili ticaret üzerindeki etkisi incelenmeye başlamıştır.

Çekim modelinin genişletilmiş bir halinin kurgulandığı bu çalışmada panel veri seti kullanılmıştır. Veri seti, 2004-2024 arasındaki dönem için Türkiye'nin ticaret hacminin en yüksek olduğu 50 ülkeden, verileri elde edilebilen 45 tanesini kapsamaktadır.

Bu çalışmanın birinci bölümünde çekim modelinin teorik çerçevesi üzerinde durulmuştur. Bu bölümü, çekim modeli kullanılarak benzer ilişkilerin incelendiği çalışmalara yönelik literatür taramasının yer aldığı literatür özeti bölümü izlemektedir. Üçüncü bölümde veri seti, değişkenler ve kullanılacak ekonometrik yöntemler üzerinde durulmuştur. Çalışmanın dördüncü bölümü ise uygulamaya yönelik olmuş ve ekonometrik analiz sonucu elde edilen bulgular sunulmuştur. Çalışma son olarak sonuç bölümüyle tamamlanmıştır.

## 1. ÇEKİM MODELİ

Çekim modeli uluslararası ticaret literatüründe, ülkeler arasındaki ticaret akımlarını açıklamak amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Model, ilk kez Tinbergen (1962) tarafından oluşturulmuştur. Modelde ülkeler arası ticaret hacimleri, tıpkı Newton'un yerçekimi kanununa benzer bir yaklaşımla açıklanmaktadır. Buna göre iki ülke arasındaki ticaretin büyüklüğü, ülkelerin ekonomik büyüklükleri ile doğru, aralarındaki mesafe ile ters orantılıdır. Bu nedenle modele "çekim modeli" adı verilmiştir.

İkili ticaret akımlarının sezgisel bir açıklaması olarak geliştirilen model, her ne kadar sağlam ampirik bulgular sunsa da teorik temellerden yoksun olduğuna dair eleştiriler de almıştır. Anderson (1979), Helpman ve Krugman (1985), Bergstrand (1985 ve 1990) gibi çekim modeline mikro temeller kazandırmaya yönelik çok sayıda başarılı girişim olduysa da 2000'li

yılların başında, Anderson ve Van Wincop (2003) ve Eaton ve Kortum (2022)'un iki önemli çalışması ile çekimi modeli nihayet teorik temelli olarak kabul görmüştür (Kuik vd., 2018).

İki ülke arasındaki ticaret akımlarını açıklamayı ve tahmin etmeyi hedefleyen modelde genellikle ülkelerin milli geliri, ekonomik büyüklük göstergesi olarak kullanılmaktadır. Bu büyüklük, ülkelerin üretim kapasitelerinin yanı sıra ihracat potansiyelleri ile ithalat taleplerini temsil etmektedir. Ayrıca, iki ülke arasındaki coğrafi uzaklık, ulaşım maliyetleri ve ticaretin kolaylaştırıcı/engelleyici faktörleri açısından kritik bir değişken olarak kabul edilmektedir (Anderson, 1979). Özet olarak model, daha büyük ekonomilere sahip ve birbirine daha yakın olan ülkeler arasında daha yoğun ticaret akımlarının gerçekleşeceğini öngörmektedir.

Model basit olarak şu şekilde formüle edilmektedir:

$$T_{ij} = A \frac{Y_i^\alpha Y_j^\beta}{D_{ij}^\gamma} \quad (1)$$

Burada  $T_{ij}$  iki ülke arasındaki ticaret akımını,  $Y_i$  ve  $Y_j$  ülkelerin ekonomik büyüklüklerini  $D_{ij}$  ülkeler arasındaki mesafeyi temsil etmektedir (Kabir vd., 2017). Yukarıdaki modelin logaritması alındığında model, logaritmik doğrusal bir modele dönüşmektedir;

$$T_{ij} = \ln A + \alpha \ln Y_i + \beta \ln Y_j - \gamma \ln D_{ij} \quad (2)$$

böylece modeli en küçük kareler (OLS) ile tahmin etmek mümkün olmaktadır. Modelin hesaplanmasında zamanla metodolojik açıdan da bazı gelişmeler yaşanmıştır. Başlangıçta sadece logaritmik doğrusal regresyon yöntemi ile tahmin edilen çekim modelleri, karşılaşılan sıfır ticaret akımlarının varlığı ve değişen varyans gibi sorunların çözümü için Poisson Pseudo En Çok Olabilirlik Tahmincisi (PPML) gibi daha gelişmiş ekonometrik yöntemlerle de tahmin edilmiştir (Santos Silva & Tenreyro, 2006). Çekim modelindeki gelişim, sadece metodolojik açıdan değil kullanılan değişkenler açısından da devam etmiştir. Model başlangıçta ikili ticaretin sadece ekonomik büyüklük ve mesafeden etkilendiği fikriyle kurgulanmış olsa da zamanla çok sayıda başka faktörü de kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Ortak dil, kültürel bağlar veya sömürge geçmişi, sınır komşuluğu, serbest ticaret anlaşmaları, gümrük tarifeleri ve politik düzenlemeler bu faktörlerden bazılarıdır. Böylece çekim modelinin açıklayıcı gücü artırılmaya çalışılmıştır (Head & Mayer, 2014). Genişletilmesiyle birlikte uluslararası ticaret literatüründe kullanım yoğunluğu artan model, ekonomik ilişkilerin sayısal analizinde temel bir başvuru noktası haline gelmiştir.

Sonuç olarak, Tinbergen'in 1960'lı yıllarda öne sürdüğü ve basit ama sağlam bir yaklaşımla ortaya çıkan çekim modeli, günümüzde güçlü mikroekonomik temellere dayalı, gelişmiş ekonometrik metotlarla tahmin edilebilen ve çok boyutlu değişkenleri kapsayan bir teoriye dönüşmüştür.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

İlk dönem çalışmalarda genellikle çekim modelinin ülkelerin dış ticareti için geçerli olup olmadığı test edilmiştir. Bununla birlikte zamanla çekim modeli genişletilmiş ve ekonomik büyüklük ve mesafe dışındaki değişkenlerin de ülkelerin ikili ticareti üzerinde etkisini incelenmiştir. Bu çalışmalarda değişken olarak demografik özelliklerin yanı sıra ülkeler arası ortaklıklar ve benzerlikler ön plana çıkmaktadır. Ayrıca ticaretin serbestleşmesi ya da kolaylaşmasına yönelik olarak da ülkelerin taraf olduğu anlaşmalar ve ticaret ortaklıkları da modelin içerisine eklenmiştir. Böylece ikili ticaret hacmi açısından sadece ekonomik büyüklük ve mesafenin değil diğer pek çok faktörün de etkisi incelenebilmiştir. Söz konusu çalışmalarda büyük oranda panel veri seti kullanılmış ve panel veri teknikleri ile analizler yapılmıştır. Literatürdeki söz konusu çalışmalardan bazıları Tablo 1'de özetlenmiştir.

**Tablo 1. Literatür Özeti**

Yazar(lar)	Kapsam	Değişkenler	Sonuçlar
Rose (2004)	178 ülke, 1948-1999	Nüfus, ortak dil, ortak sınır, sömürge ilişkisi, ortak para birimi, Dünya Ticaret Örgütü (WTO) üyeliği	WTO üyeliğinin dış ticaret üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır. Ancak bu etki beklenenden çok daha küçüktür.
Baier & Bergstrand (2007)	96 ülke, 1960-2000	Ortak dil, ortak sınır, Serbest Ticaret Anlaşması (FTA)	Serbest ticaret anlaşmaları ülkeler arasındaki ikili ticaret hacmini 10 yıl sonunda ikiye katlamaktadır.
Subramanian & Wei (2007)	172 ülke, 1950-2000	WTO üyeliği, serbest ticaret anlaşması, serbest ticaret bölgesi, ortak dil, ortak sınır, sömürge ilişkisi, ortak para birimi	Her iki tarafın da serbestleşmeye gittiği durumlarda, sadece bir tarafın serbestleşmeye gittiği durumlara göre ikili dış ticaret daha fazla artmaktadır. Ayrıca serbestleşmeye gidilmeyen sektörlerde dış ticaret artış göstermemiştir.
Tatlıcı & Kızıltan (2011)	46 ülke, 1994-2007	Nüfus, ortak sınır ve gümrük birliği üyeliği	Ekonomik büyüklük ve mesafe değişkenleri çekim modelinin beklentilerini karşılarsa da nüfus, gümrük birliği üyeliği ve ortak sınırın ikili ticaret üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır.
Eicher & Henn (2011)	177 ülke, 1950-2000	WTO üyeliği, serbest ticaret anlaşması, tercihli anlaşmalar, ortak dil, ortak sınır, sömürge ilişkisi, ortak para birimi	WTO üyeliğinin ticaret üzerindeki ortalama etkisinin yakın mesafedeki gelişmekte olan ülkelerde daha güçlü olduğu bulunmuştur.
Özkaya (2011)	113 ülke, 1996-2016	Döviz rezervler, döviz kurları, nüfus, 7 adet ikili ve 4 adet çok taraflı ticaret anlaşması üyeliği	İkili anlaşmaların Türkiye'nin ihracatı üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmazken, Gümrük Birliği haricinde Türkiye'nin tarafı olduğu çok taraflı anlaşmaların Türkiye'nin ihracatı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkisi olduğu sonucu elde edilmiştir.
Sandalcılar (2012)	4 ülke, 2002-2009	Nüfus ve ortak sınır	Nüfus arttıkça dış ticaretin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca ortak sınırın varlığı da dış ticaret üzerinde pozitif bir etki yaratmaktadır.
Dutt, Mihov & Van Zandt (2013)	190 ülke, 1988-2006	WTO üyeliği, tarife indirimleri, tercihli ticaret düzenlemesi, ortak dil, ortak sınır, sömürge ilişkisi	WTO üyeliği ihracat marjını %25 genişletirken, sabit maliyetleri ise azaltmaktadır. Bununla birlikte değişen maliyetler üzerinde bir etkisi yoktur.
Aliyu & Bava (2013)	17 ülke, 1999-2012	Nüfus, ülke benzerliği, AB üyeliği, BRICS ülkesi, ortak dil	Nüfus ve ticaretin AB üyesi ile yapılması Nijerya'nın dış ticaretini pozitif etkilerken, ekonomik benzerlik ve ticaretin BRICS ülkesi ile yapılması Nijerya'nın dış ticaretini negatif etkilemektedir.
Doğan & Tunç (2015)	53 ülke, 1995-2014	Doğu ve Güney Afrika Ortak Pazarı (COMESA) üyeliği, nüfus, ortak din, vize uygulaması	Çekim modelinin geçerli olduğu bulgusu elde edilmiş olsa da COMESA üyeliği, nüfus, ortak dil ve vize uygulamasını ikili ticaret üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.
Liv d. (2019)	61 ülke, 1995-2012	Ortak sınır, Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği (AESEAN) üyeliği, Asya-Pasifik Ekonomik İş birliği (APEC) üyeliği	Çin'in ikili ticaretinde AESEAN ve APEC üyeliğinin pozitif etkisi mevcutken ortak sınırın etkisi ise negatif bulunmuştur.
Su vd. (2022)	70 ülke, 2011-2019	İngilizce dil yeterliliği, kurumsal benzerlik, ortak sınır, Serbest Ticaret Anlaşması	İngilizce yeterliliğinin doğrudan iletişimi kolaylaştırdığı ve ikili ticaret akışını teşvik ettiğine dair güçlü kanıtların bulunduğu çalışmada ayrıca kurumsal benzerlik, ortak sınır ve serbest ticaret anlaşması değişkenlerinin de ikili ticaret üzerinde anlamlı etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Wang & Chen (2025)	10 ülke, 2012-2022	Ticari serbestleşme, ortak dil, din benzerliği, ortak sınır, nüfus, hükümet etkinliği	Ticari serbestleşmenin ikili ticaret üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi vardır. Ayrıca ortak dilin varlığı ve dini benzerlik söz konusu ilişkinin etkisini artırmaktadır.

Tablo 1’den gözlemlenebileceği gibi ikili ticaret ile ticareti serbestleştiren/kolaylaştırılan faktörler arasındaki ilişki genellikle ticaret anlaşması ya da birlik üyeliğinin varlığı ve yokluğunu gösteren kukla değişkenler aracılığıyla analiz edilmiştir. Bu çalışmada ise Wang & Chen (2025) çalışması ile benzer şekilde ticari serbestleşme endeksi kullanılmıştır. Ayrıca dini yakınlık için de yine kukla değişken yerine endeks tercih edilmiştir. Yine çekim modeli literatüründe az rastlanan bir değişken olan hükümet etkinliği değişkeni de bu çalışmada modele dahil edilmiştir.

### 3. VERİ SETİ, DEĞİŞKENLER VE EKONOMETRİK YÖNTEM

Çalışmada 2024 yılı itibariyle Türkiye'nin ticaret hacminin en yüksek olduğu 50 ülke dikkate alınmıştır. Bu ülkelerden tüm verileri elde edilebilen 45 tanesi analize dahil edilirken, bazı değişkenlerde veri eksikliğine sahip 5 tanesi analiz dışı bırakılmıştır. Yıllık verilerin kullanıldığı çalışmada 2004-2024 arasını kapsayan 21 yıla ait veriler ilgili veri tabanlarından temin edilmiştir. Tablo 2’de çalışmada kullanılacak değişkenler ve bu değişkenlere ait verilerin elde edildiği kaynaklar sunulmuştur.

**Tablo 2. Analizde kullanılan değişkenler**

Kısaltma	Değişken Adı	Veri Tipi	Kaynak
Trade	İkili Ticaret	USD cinsinden ihracat + ithalatın logaritması	Türkiye İstatistik Kurumu, Dış Ticaret İstatistikleri
Tf	Ticari Serbestleşme	Endeks (0 ile 100)	The Heritage Foundation, Index of Economic Freedom
Gdp_o	Kaynak Ülkenin Ekonomik Büyüklüğü	2015 sabit fiyatlarıyla USD cinsinden GSYH'nin logaritması	Dünya Bankası, World Development Indicators
Gdp_d	Hedef Ülkenin Ekonomik Büyüklüğü	2015 sabit fiyatlarıyla USD cinsinden GSYH'nin logaritması	Dünya Bankası, World Development Indicators
Dist	Mesafe	En büyük şehirler arasında km cinsinden mesafenin logaritması	CEPII, Gravity Database
Ge	Hükümet Etkinliği	Endeks (-2,5 ile 2,5)	Dünya Bankası, Worldwide Governance Indicators
Coint	Ortak Sınır	Kukla, 1 veya 0	CEPII, Gravity Database
Comrelig	Dini Yakınlık	Endeks (%0 ile %100)	CEPII, Gravity Database

Çalışmada Tablo 2’de yer alan değişkenler aracılığıyla genişletilmiş çekim modeli kurgulanmıştır. Bu kapsamda üç farklı hipotez test edilmiştir. Söz konusu hipotezler ve bu hipotezlerin testi için kurgulanan modeller ise şu şekildedir;

**H1:** Ticari serbestleşme, Türkiye ile ticaret ortağı ülkeler arasındaki ikili ticaret hacmini önemli ölçüde artırmaktadır.

$$Trade_{i,j,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Tf_{j,t} + \alpha_2 Gdp_{o,i,t} + \alpha_3 Gdp_{d,j,t} + \alpha_4 Dist_{i,j} + \alpha_5 Ge_{j,t} + u_{i,t} \quad (3)$$

**H2:** Dini yakınlık, ticari serbestleşmenin Türkiye ile ticaret ortağı ülkeler arasındaki ikili ticarete olan olumlu etkilerini artırmaktadır.

$$\begin{aligned} Trade_{i,j,t} = & \beta_0 + \beta_1 Tf_{j,t} + \beta_2 Tf_{Comrelig_{i,j,t}} + \beta_3 Comrelig_{i,j} + \beta_4 Gdp_{o_{i,t}} + \beta_5 Gdp_{d_{j,t}} \\ & + \beta_6 Dist_{i,j} + \beta_7 Ge_{j,t} + u_{i,t} \end{aligned} \quad (4)$$

**H3:** Ortak sınır, ticari serbestleşmenin Türkiye ile ticaret ortağı ülkeler arasındaki ikili ticarete olan olumlu etkilerini artırmaktadır.

$$\begin{aligned} Trade_{i,j,t} = & \gamma_0 + \gamma_1 Tf_{j,t} + \gamma_2 Tf\_Coint_{i,j,t} + \gamma_3 Coint_{i,j} + \gamma_4 Gdp\_o_{i,t} + \gamma_5 Gdp\_d_{j,t} \\ & + \gamma_6 Dist_{i,j} + \gamma_7 Ge_{j,t} + u_{i,t} \end{aligned} \quad (5)$$

burada i, Türkiye'yi yani kaynak ülkeyi; j, Türkiye'nin ticaret ortağını yani hedef ülkeyi; t ise zamanı temsil etmektedir. H2 ve H3 kurgulanırken Comrelig ve Coint değişkenlerinin Trade değişkenini hem sabit terim üzerinden hem de Tf üzerinden etkilediği varsayılmıştır.

Ekonometrik olarak panel veri tekniklerinin tercih edildiği çalışmada ilk olarak serilerin durağanlık düzeyi test edilmiştir. Ancak serilerin durağanlığının hangi birim kök testiyle sınacağı belirlenmeden önce serilerde yatay kesit bağımlılığı olup olmadığına bakılmalıdır. Serilerde yatay kesit bağımlılığının olması durumunda yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil birim kök testleri tercih edilmelidir.

Panel veri setlerinde, yatay kesit bağımlılığı sorunu çok sık karşılaşılan bir durumdur. Yatay kesit bağımlılığının tahminler üzerindeki etkisi, kesitler arasındaki korelasyonların büyüklüğü ve kesit bağımlılığının doğasıyla ilişkilidir. (Hoyos & Sarafidis, 2006). Birim sayısının (N), zaman boyutundan (T) büyük olduğu durumlarda yatay kesit bağımlılığı CD testi ile sınanabilir (Pesaran, 2021). CD testi sonucu elde edilen test istatistiği kritik değerden büyükse; seride yatay kesit bağımlılığı olmadığını işaret eden sıfır hipotezi reddedilmektedir.

Yatay kesit bağımlılığının tespit edildiği serilerde birim kök testi için Yatay Kesitsel Olarak Genişletilmiş Im, Pesaran, Shin (CIPS) testi kullanılırken, yatay kesit bağımlılığının olmadığı seride ise birim kök testi için Levin, Li & Chun (LLC) testi tercih edilmiştir. Modelde kullanılan kaynak ülkenin GDP değeri değişkeni doğası gereği birimlere göre değişmemekte sadece zamana göre değişmektedir. Dolayısıyla zaman serisi tipindeki bu serinin durağan olup olmadığına Phillips-Perron (PP) birim kök testi ile bakılmıştır.

Serilerin durağanlık düzeyleri tespit edildikten sonra hangi panel veri analizi modeli ile tahmin yapılacağına Hausman testi ile karar verilmiştir. Bu test, panel veri literatüründe sabit veya rassal etkiler modelinin tercihinde sıklıkla kullanılmaktadır. Genellikle dışsallık varsayımının testi olarak adlandırılan test, gözlemlenemeyen bireysel etkinin modeldeki koşullu bağımsız değişkenlerle ilişkili olup olmadığını istatistiksel olarak ortaya koyar. Gözlemlenemeyen bireysel etkinin dışsallığı reddedilmezse rassal etkiler modeli, reddedilirse sabit etkiler modeli desteklenir.

Değişkenler arasındaki ilişkinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi için uygun modelin seçilmesi çok önemlidir. Örneğin, gözlemlenemeyen bireysel etki ile koşullu bağımsız değişkenler arasında bir korelasyon varsa, bağımsız değişkenlerin içselliğini dikkate almayan rassal etkiler modeli tahmini, koşullu ortalamanın sapmalı ve tutarsız tahminlerini verecektir. Ters durumda ise sabit etkiler modeli tutarlı, ancak etkin olmayan tahminler verecektir (Amini vd., 2012). Sonraki bölümde sırasıyla yukarıda anlatılan ekonometrik analizler yapılacak ve H1, H2 ve H3'ün geçerli olup olmadıkları test edilecektir.

#### 4. EKONOMETRİK UYGULAMA

Analiz aşamasında ilk olarak serilerde yatay kesit bağımlılığı olup olmadığı test edilmiştir. Bu sayede serilerin durağanlığını sınavabilmek için hangi testlerin kullanılabileceği belirlenmiştir. Test sonuçları Tablo 3'te verilmiştir;

**Tablo 3. Pesaran (2004) CD Testi Sonuçları**

Değişken	CD Test İstatistiği	Olasılık
Trade	119,195	,000
Tf	68,75	,000
Gdp_d	108,988	,000
Ge	-0,06	,953

Panel veri tipindeki değişkenler için yapılan CD Testi sonucuna göre Trade, Tf ve Gdp\_d değişkenlerinde yatay kesit bağımlılığı yoktur hipotezi reddedilirken, Ge değişkeni için söz konusu hipotez reddedilememiştir. Dolayısıyla Trade, Tf ve Gdp\_d değişkenleri için yatay kesit bağımlılığını dikkate alan CIPS birim kök testi kullanılırken, Ge değişkeni için geleneksel birim kök testlerinden Levin, Li & Chun testi kullanılmıştır. Ayrıca yapısı gereği zaman serisi biçimindeki Gdp\_o değişkeni için de PP birim kök testi kullanılmıştır. Birim kök testleri sonucu elde edilen sonuçlar Tablo 4 ve Tablo 5'te sunulmuştur.

**Tablo 4. CIPS Birim Kök Testi Sonuçları**

Değişken	CIPS İstatistiği	Sabitli			CIPS İstatistiği	Sabitli ve Trendli		
		Kritik Değerler				Kritik Değerler		
		%10	%5	%1		%10	%5	%1
Trade	-2,219				-2,885			
Tf	-2,572	-2,04	-2,11	-2,23	-3,660	-2,54	-2,61	-2,73
Gdp_d	-2,283				-2,184			

**Tablo 5. LLC ve PP Birim Kök Testleri Sonuçları**

Birim Kök Testi	Değişken	Test İstatistiği	Sabitli		Sabitli ve Trendli	
			Olas.	Test İstatistiği	Olas.	
Levin, Li & Chun	Ge	-1,775	,038	-1,201	,115	
Phillips-Perron	Gdp_o	-4,879	,005	-0,475	,877	

Tablo 4 ve Tablo 5'ten de gözlemlenebileceği gibi modelde yer alan serilerin tamamı sabitli durumda düzeyde durağan, yani  $I(0)$  biçimindedir. Dolayısıyla söz konusu serilerin düzey değerlerini kullanarak sabit etkiler veya rassal etkiler modellerinden bir tanesiyle analiz yapmak mümkündür. Her bir hipotez için kurgulanmış olan modellerde sabit etkiler veya rassal etkiler modellerinden hangisinin kullanılacağına ise Hasuman testi ile bakılmıştır. Her bir hipotez için test sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6. Hausman Testi Sonuçları**

	Chi-Square İst.	Olas.	Model
H1	4,35	,360	Rassal Etkiler
H2	6,27	,180	Rassal Etkiler
H3	6,63	,250	Rassal Etkiler

Tablo 6’da yer alan test sonuçlarına göre rassal etkiler modelini işaret eden sıfır hipotezi, her üç hipotez için kurgulanan modelde de reddedilememiştir. Dolayısıyla ekonometrik analiz için rassal etkiler modeli tercih edilmiştir. H1, H2 ve H3 için rassal etkiler tahminlerinin sonuçları Tablo 7’de yer almaktadır.

**Tablo 7. Rassal Etkiler Tahmin Sonuçları**

	H1	H2	H3
Tf	0,0113*** (7,24)	0,0123*** (5,76)	0,0148*** (8,87)
Comrelig		0,7970** (2,28)	
Tf_Comrelig		-0,0021 (-0,61)	
Coint			2,0108*** (4,68)
Tf_Coint			-0,0225*** (-5,45)
Gdp_o	0,8465*** (21,63)	0,8272*** (20,89)	0,8356*** (21,39)
Gdp_d	0,6769*** (13,17)	0,7082*** (13,50)	0,6802*** (13,01)
Dist	-0,8454*** (-7,87)	-0,8751*** (-8,17)	-0,8135*** (-7,11)
Ge	-0,0633 (-1,39)	-0,0512 (-1,11)	-0,0545 (-1,21)
Sabit	-20.3649*** (-17,46)	-20.6715*** (-17,75)	-20.7176*** (-16,78)
N	945	945	945
R <sup>2</sup>	0.6496	0.6713	0.6535
Breusch-Pagan / Cook-Weisberg Değişen Varyans Testi	Chi-Square = 8,33 Olas. = 0,004	Chi-Square = 12,94 Olas. = 0,000	Chi-Square = 13,12 Olas. = 0,000
Wooldridge Otokorelasyon Testi	F(1, 44) = 40,718 Olas. = 0,000	F(1, 44) = 40,718 Olas. = 0,000	F(1, 44) = 40,418 Olas. = 0,000

Tablo 7’de yer alan tahmin sonuçlarına göre Ge hariç neredeyse tüm katsayılar istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Ayrıca parametrelerin işaretleri de beklentiler ve literatürle uyumludur. Ancak katsayı tahminlerinden sonra yapılan test sonuçlarına göre üç modelde de hem değişen varyans hem de otokorelasyon sorunlarının varlığına dair güçlü kanıtlar mevcuttur. Söz konusu problemleri aşmak için Driscoll-Kraay (1998) tahmincisi kullanılmıştır. Driscoll-Kraay tahmincisi sağladığı dirençli standart hatalar aracılığıyla değişen varyans ve otokorelasyon problemleri ortadan kaldırmaktadır (Vogelsang, 2012). Driscoll-Kraay tahmincileri ile elde edilen test sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8. Driscoll-Kraay Test Sonuçları**

	H1	H2	H3
Tf	0,0113*** (3,78)	0,0123*** (2,63)	0,0148*** (4,52)
Comrelig		0,7970 (0,341)	
Tf_Comrelig		-0,0021 (-0,40)	
Coint			2,0108* (2,01)
Tf_Coint			-0,0225*** (-4,47)
Gdp_o	0,8465*** (7,57)	0,8272*** (6,84)	0,8356*** (7,15)
Gdp_d	0,6769*** (4,89)	0,7082*** (4,70)	0,6802*** (4,51)
Dist	-0,8454*** (-3,87)	-0,8751*** (-4,03)	-0,8135*** (-4,51)
Ge	-0,0633 (-0,66)	-0,0512 (-0,63)	-0,0545 (-0,61)
Sabit	-20.3649*** (-6,22)	-20.6715*** (-6,34)	-20.7176*** (-6,52)
N	945	945	945
R <sup>2</sup>	0.6496	0.6713	0.6535

Driscoll-Kraay tahminçileri ile elde edilen nihai sonuçlara göre; ticari serbestleşme her üç modelde de ikili ticaret üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir. Bununla birlikte dini yakınlığın söz konusu etkiyi artırdığına dair bir kanıt bulunamamıştır (H2). Ancak sonuçlar ortak sınırın, ticari serbestleşmenin ikili ticaret üzerindeki etkisini değiştirdiğini göstermektedir (H3). Yine tüm modellerde hedef ülkedeki hükümet etkinliğinin ikili ticaret üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca temel çekim modeli kapsamında tüm modellerde literatüre uygun şekilde ülkelerin ekonomik büyüklükleri ikili ticaret hacimlerini pozitif etkilerken, ülkeler arası mesafe ile ikili ticaret arasında negatif bir ilişki vardır.

H1 modelinin sonuçlarına göre, hedef ülkenin ticari serbestleşme endeksindeki 1 puanlık artış, ilgili ülkenin Türkiye ile ikili ticaret hacmini %1,13 oranında artırmaktadır. Yine Türkiye'nin ekonomik büyüklüğünde meydana gelen %1'lik artış da ikili ticaret hacmini %0,85 artırmaktadır. Söz konusu artış oranı Türkiye'nin ticaret ortağının ekonomik büyüklüğü söz konusu olduğunda ise %0,68'dir. Çekim modelinin bir diğer önemli değişkeni olan mesafeye baktığımızda ise Türkiye ile hedef ülke arasındaki km cinsinden mesafe %1 oranında arttığında, ikili ticaret hacminin %0,85 oranında azaldığı gözükmektedir.

Dini yakınlığın, ticari serbestleşmenin ikili ticarete olan olumlu etkilerini artırıp artırmadığının test edildiği H2 sonuçlarına göre, elde edilen katsayı tahminleri H1 tahminleri ile paralellik arz etmektedir. Ancak dini yakınlık değişkeninin ne sabit terim üzerinde ne de ticari serbestleşme üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir etkisene rastlanılmamıştır. Bu modelde ticari serbestleşmedeki 1 puanlık artışın etkisi %1,23'e çıkarken, kaynak ülke ekonomik büyüklüğündeki %1'lik artışın pozitif etkisi %0,83'e düşmüş, hedef ülke ekonomik büyüklüğündeki %1'lik artışın pozitif etkisi ise %0,71'e çıkmıştır. Son olarak mesafedeki %1'lik artışın ikili ticaret üzerindeki azaltıcı etkisi ise %0,88 seviyesinde bulunmuştur.

Dini yakınlık yerine ortak sınırın düzenleyici olarak modele katıldığı H3'ün sonuçlarında da ticari serbestleşme (%0,15), ekonomik büyüklükler (%0,84 ve %0,68) ve mesafenin (-%0,81) etkileri H1 ve H2 ile benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte ortak sınırın varlığı sabit terim üzerinde pozitif katkı yaparken, ticari serbestleşmenin ikili ticaret üzerindeki %0,84'lük etkisini 0,02 puan azaltarak %0,82'ye düşürmektedir. Burada ortak sınırın, ticari serbestleşmenin ikili ticaret üzerindeki etkisini değiştirdiğini gözlemleyebiliyoruz ancak söz konusu etki negatif olduğundan (her ne kadar sabit terim üzerindeki etkisi pozitif olsa da) ilgili hipotezin mutlak bir şekilde geçerli olduğunu söylemek mümkün değildir.

## SONUÇ

Bu çalışmada başta ticari serbestleşme olmak üzere Türkiye'nin ikili ticaretini etkileyen faktörler, çekim modeli aracılığıyla incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre her üç modelde de ticari serbestleşme, ikili ticareti pozitif ve anlamlı bir şekilde etkilemektedir. Yani, hedef ülkenin ticari serbestleşme endeksindeki artış, Türkiye'nin hedef ülkeyle olan ticaretini belirgin şekilde artırmaktadır. Elde edilen bulgular literatürdeki benzer bulgularla tutarlılık göstermekte ve serbestleşme politikalarının ticaret hacminin genişletilmesi açısından önemini vurgulamaktadır.

Bununla birlikte, çalışmada dini yakınlığın ticari serbestleşmenin ikili ticaret üzerindeki etkilerini artırdığı hipotezini destekleyen bulgular elde edilememiştir. İlgili değişkenin hem sabit terim üzerinde hem de ticari serbestleşme üzerinde anlamlı bir katkısı yoktur. Bu durum, dini faktörlerin Türkiye'nin ikili ticaret ilişkilerinde belirleyici bir unsuru olmadığını, söz konusu ilişkinin daha çok ekonomik ve coğrafi etkenler üzerinden şekillendiğini göstermektedir.

Çalışmanın dikkat çekici sonuçlarından birisi de ortak sınıra ilişkindir. Bulgular, ortak sınırın sabit terimi pozitif etkilediğini, ancak ticari serbestleşmenin ikili ticaret üzerindeki etkisine sınırlı da olsa azaltıcı yönde etki ettiğini göstermektedir. Dolayısıyla, ortak sınır ülkeler arasında doğal bir ticaret avantajı yaratsa da ticari serbestleşme ile etkileşimi beklenen ölçüde pozitif bir tamamlayıcılık etkisi ortaya koymamaktadır. Bu durum, ilgili hipotezin yalnızca kısmen desteklendiği şeklinde yorumlanabilir.

Temel çekim modeli değişkenlerine ilişkin bulgular da literatürle uyumlu şekilde sonuç vermiştir. Buna göre hem kaynak ülke hem de hedef ülkenin ekonomik büyüklükleri ikili ticaret hacmini pozitif yönde etkilemekte iken mesafe değişkeninin beklendiği gibi ikili ticaret üzerinde negatif bir etkisi söz konusudur. Türkiye'nin ekonomik büyüklüğündeki artışın ticaret hacmine katkısı, partner ülkenin ekonomik büyüklüğündeki artışa göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, Türkiye'nin ekonomik kapasitesini artırmasının ticari ilişkileri geliştirmede önemli bir rol oynayacağı şeklinde değerlendirilebilir.

Sonuç olarak, elde edilen bulgular ışığında ticari serbestleşmenin Türkiye'nin ikili ticaretinde temel bir belirleyici olduğu güçlü bir şekilde iddia edilebilir. Bununla birlikte, dini yakınlığın bir etkisinin olmaması ve ortak sınırın beklenmedik şekilde serbestleşme üzerindeki azaltıcı etkisi, ikili ticaretin çok boyutlu doğasına işaret etmektedir. Söz konusu durumun, Türkiye'nin

çeşitli pazarlara yönelik tarafsız ticaret politikalarından da kaynaklanma ihtimali olabilir. Politika yapıcılar açısından bu sonuçlar, ticaret hacmini artırmak için serbestleşme politikalarının kararlılıkla sürdürülmesi gerektiğini bir kez daha ortaya koymaktadır. Bu yönüyle çalışmanın sonuçları, Baier ve Bergstrand (2007), Subramanian & Wei (2007) ve Wang & Chen (2025) çalışmalarının sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Sonraki araştırmalarda, bu çalışmada kullanılan veri setinin genişletilmesi ve farklı zaman dilimlerinin karşılaştırmalı olarak ele alınması yararlı olabilir. Ayrıca ortak dil, tarihi bağlar veya demokrasi seviyesi gibi faktörlerin ticari serbestleşme ile olan ilişkilerinin incelenmesi, daha derinlemesine sonuçlar sunabilir. Bununla birlikte, sektör bazında ayrıştırılmış ticaret verileri aracılığıyla serbestleşme politikalarının hangi sektörlerde daha güçlü veya zayıf etkiler yarattığının analiz edilmesi literatüre değerli bir katkı sağlayabilmesinin yanı sıra politika yapıcılarına da daha somut çıkarımlar yapma imkânı tanıyacaktır.

## KAYNAKÇA

- Aliyu, S. U., & Bawa, S. (2015). Gravity model by panel data approach: Empirical evidence from Nigeria. *International Journal of Trade and Global Markets*, 8(1), 42–57.
- Amini, S., Delgado, M. S., Henderson, D. J., & Parmeter, C. F. (2012). Fixed vs random: The Hausman test four decades later. In *Essays in honor of Jerry Hausman (479–513)*. Emerald Group Publishing Limited.
- Anderson, J. E. (1979). A theoretical foundation for the gravity equation. *American Economic Review*, 69(1), 106–116.
- Anderson, J. E., & Van Wincoop, E. (2003). Gravity with gravitas: A solution to the border puzzle. *American Economic Review*, 93(1), 170–192.
- Baier, S. L., & Bergstrand, J. H. (2007). Do free trade agreements actually increase members' international trade? *Journal of International Economics*, 71(1), 72–95.
- Bergstrand, J. H. (1985). The gravity equation in international trade: Some microeconomic foundations and empirical evidence. *Review of Economics and Statistics*, 474–481.
- Bergstrand, J. H. (1990). The Heckscher-Ohlin-Samuelson model, the Linder hypothesis and the determinants of bilateral intra-industry trade. *Economic Journal*, 100(403), 1216–1229.
- De Hoyos, R. E., & Sarafidis, V. (2006). Testing for cross-sectional dependence in panel-data models. *Stata Journal*, 6(4), 482–496.
- Doğan, B. B., & Tunç, Ş. Ö. (2015). Türkiye'nin Afrika ülkeleri ile olan dış ticaretinin belirleyicileri: Panel çekim modeli yaklaşımı. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 7(12), 1–17.
- Driscoll, J. C., & Kraay, A. C. (1998). Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549–560.
- Dutt, P., Mihov, I., & Van Zandt, T. (2013). The effect of WTO on the extensive and the intensive margins of trade. *Journal of International Economics*, 91(2), 204–219.
- Eaton, J., & Kortum, S. (2002). Technology, geography, and trade. *Econometrica*, 70(5), 1741–1779.
- Eicher, T. S., & Henn, C. (2011). In search of WTO trade effects: Preferential trade agreements promote trade strongly, but unevenly. *Journal of International Economics*, 83(2), 137–153.

- Head, K., & Mayer, T. (2014). Gravity equations: Workhorse, toolkit, and cookbook. In *Handbook of international economics* (Vol. 4, 131–195). Elsevier.
- Helpman, E., & Krugman, P. (1985). *Market structure and foreign trade: Increasing returns, imperfect competition, and the international economy*. MIT Press.
- Kabir, M., Salim, R., & Al-Mawali, N. (2017). The gravity model and trade flows: Recent developments in econometric modeling and empirical evidence. *Economic Analysis and Policy*, 56, 60–71.
- Kuik, O., Branger, F., & Quirion, P. (2019). Competitive advantage in the renewable energy industry: Evidence from a gravity model. *Renewable Energy*, 131, 472–481.
- Li, L., Sun, Z., & Long, X. (2019). An empirical analysis of night-time light data based on the gravity model. *Applied Economics*, 51(8), 797–814.
- Özkaya, H. (2011). İkili ve çok taraflı anlaşmaların Türkiye'nin ihracatı üzerindeki etkisi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 12(2), 279–288.
- Pesaran, M. H. (2021). General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels. *Empirical Economics*, 60(1), 13–50.
- Rose, A. K. (2004). Do we really know that the WTO increases trade? *American Economic Review*, 94(1), 98–114.
- Sandalcılar, A. R. (2012). Türkiye'nin Biric ülkeleriyle ticari potansiyeli: Panel çekim modeli yaklaşımı. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 7(25), 4164–4175.
- Silva, J. S., & Tenreyro, S. (2006). The log of gravity. *Review of Economics and Statistics*, 641–658.
- Su, L., Jung, H., & Yang, M. (2023). Does a lingua franca matter in bilateral international trade? *International Studies of Economics*, 18(1), 80–96.
- Subramanian, A., & Wei, S. J. (2007). The WTO promotes trade, strongly but unevenly. *Journal of International Economics*, 72(1), 151–175.
- Tatlıcı, Ö., & Kızıltan, A. (2011). Çekim modeli: Türkiye'nin ihracatı üzerine bir uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 25, 287-299.
- Tinbergen, J. (1962). *Shaping the world economy: Suggestions for an international economic policy*. New York.
- Vogelsang, T. J. (2012). Heteroskedasticity, autocorrelation, and spatial correlation robust inference in linear panel models with fixed-effects. *Journal of Econometrics*, 166(2), 303–319.
- Wang, L., & Chen, K. (2025). The impact of trade liberalization on China–ASEAN trade relations along the Belt and Road: An augmented gravity model analysis. *Finance Research Letters*, 71, 106418.

## A COMPARATIVE ANALYSIS OF CRUDE OIL PRICE SERIES STABILITY VIA FOURIER-BASED UNIT ROOT TESTS

Rüya Karcı<sup>1</sup> Asiye Tütüncü<sup>2</sup>

### ABSTRACT

Crude oil prices have been identified as a key economic and political indicator due to its position as a critical component of the global energy supply. The economic repercussions of fluctuations in the prices of these commodities are extensive, having ramifications for countries that import and export energy, financial markets and the real sector. Crude oil prices have been demonstrated to exhibit structural breaks and non-linear behaviour over time, influenced by various factors such as economic crises, geopolitical risks, supply-demand imbalances and technological developments. The analysis of the time series characteristics of oil prices is of significance for both academic literature and policymakers. The main objective of this study is to examine the stability characteristics of representative crude oil types selected from different regions from a comparative perspective. The study utilized monthly price data for five crude oils from North America, Europe, the Mediterranean, Asia and the Persian Gulf to conduct a comprehensive examination of the stability characteristics of oil prices during the period 1990:05–2020:10. The series are analyzed using Fourier ADF, Fractional Fourier ADF and Fourier Wavelet ADF tests. It is evident that these tests are more sophisticated than traditional tests in that they take structural change into account. The results of the unit root tests indicate that there has been a statistically significant structural change in the variables. Furthermore, the variables do not contain a unit root in the presence of structural change. In this instance, it can be posited that the shocks applied to the variables are of a temporary nature.

**Keywords:** Crude Oil Prices, Stability, Fourier ADF Tests

## FOURIER TABANLI BİRİM KÖK TESTLERİ İLE HAM PETROL FİYAT SERİLERİNDEKİ ŞOKLARIN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

### ÖZ

Ham petrol fiyatları, küresel enerji arzının kritik bir bileşeni olması nedeniyle önemli bir ekonomik ve siyasi gösterge olarak gösterilmektedir. Bu emtiaların fiyatlarındaki dalgalanmaların ekonomik sonuçları önemlidir ve enerji ithal eden ve ihraç eden ülkeler, finansal piyasalar ve reel sektör için etkileri bulunmaktadır. Ham petrol fiyatlarının zaman içinde ekonomik krizler, jeopolitik riskler, arz-talep dengesizlikleri ve teknolojik gelişmeler gibi çeşitli faktörlerden etkilenecek yapısal kırılmalar ve doğrusal olmayan davranışlar sergilemektedir. Petrol fiyatlarının zaman serisi özelliklerinin analizi hem akademik literatür hem de politika yapımcılar için önemlidir. Bu çalışmanın temel amacı, farklı bölgelerden seçilen temsili ham petrol türlerinin karşılaştırmalı bir perspektiften kararlılık özelliklerini incelemektir. Çalışmada 1990:05–2020:10 döneminde petrol fiyatlarının istikrar özelliklerinin incelemesi için Kuzey Amerika, Avrupa, Akdeniz, Asya ve Basra Körfezi'nden beş ham petrolün aylık fiyat verilerini kullanılmıştır. Seriler, Fourier ADF, Kesirli Fourier ADF ve Fourier Dalgacık ADF testleri kullanılarak analiz edilmektedir. Bu testlerin, yapısal değişimi dikkate almaları açısından geleneksel testlerden daha gelişmiş olduğu açıktır. Birim kök testlerinin sonuçları, değişkenlerde istatistiksel olarak anlamlı bir yapısal değişiklik olduğunu göstermektedir. Ayrıca, değişkenler yapısal değişiklik varlığında birim kökü içermez. Bu durumda, değişkenlere uygulanan şokların geçici nitelikte olduğu öne sürülebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Ham petrol fiyatları, Durağanlık, Fourier ADF test

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, ruyakarci@kku.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2425-2918.

<sup>2</sup> Doç. Dr., Kastamonu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Finans ve Bankacılık Bölümü, atutuncu@kastamonu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9473-9401.

## INTRODUCTION

Crude oil prices are of particular significance for global economies insofar as they represent a strategic input for energy production. Fluctuations in prices have significant economic repercussions on energy importing and exporting countries, as well as on financial markets and the real sector. The functioning of oil markets is sensitive to a variety of factors, including economic crises, geopolitical developments, supply-demand shocks and technological innovations. Therefore, analyzing the time series characteristics of oil prices is essential both for academic studies and for policymakers.

Stationarity, a foundational concept in time series analysis, is instrumental in comprehending the long-term dynamics of series. This phenomenon is particularly evident in the context of series such as energy prices, which demonstrate volatility. The presence or absence of stationarity is directly decisive in both the selection of econometric methods to be used and the validity of the economic inferences obtained. Therefore, the unit root properties of crude oil prices have been extensively examined in the existing literature. Nevertheless, the findings of the relevant studies have not yet reached a definitive consensus on these characteristics.

In pioneering studies examining the stationarity properties of oil prices, traditional unit root tests such as the Augmented Dickey-Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) and Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS) tests have generally been preferred (Sivapulle & Moosa, 1999; Tabak, 2003; Coimbra & Esteves, 2004; Serletis & Rangel-Ruiz, 2004). Furthermore, studies involving structural breaks are also present in the existing literature (Gülen, 1997; Postali & Picchetti, 2006; Ozdemir, Gokmenoglu, & Ekinici, 2013; Barros & Gil-Alana, 2016; Gil-Alana & Monge, 2020; Landajo, Presno, & Fernández González, 2021). However, a significant proportion of these studies focus exclusively on a single testing approach or lack comparisons that encompass regional differences.

The objective of this study is to examine the stability characteristics of benchmark crude oil types selected from different geographical regions from a comparative perspective. The stationary properties of oil prices for the period 1990:05–2020:10 are analysed using monthly price series for five different crude oils from North America, Europe, the Mediterranean, Asia and the Persian Gulf. The Fourier ADF, Fractional Fourier ADF, and Fourier Wavelet ADF tests are applied in this study. Within this framework, the study aims to (i) conduct a comparative stationarity analysis of oil prices in different regions, (ii) assess the effects of structural breaks, and (iii) provide methodological depth by simultaneously presenting the results obtained from different unit root tests.

## 1. DATA

The objective of this study is to examine whether the fluctuations in world oil prices are of a permanent or temporary nature. The variables Brent, Duri, Omman, Urals, and West Texas Intermediate are examined over the monthly period from 1990:5 to 2020:10. The variables have been employed in logarithmic form and adjusted for seasonal effects. Furthermore, the data are obtained from the Thomson Reuters Eikon (Refinitiv) database, and diagnostic statistics are presented using Table 1.

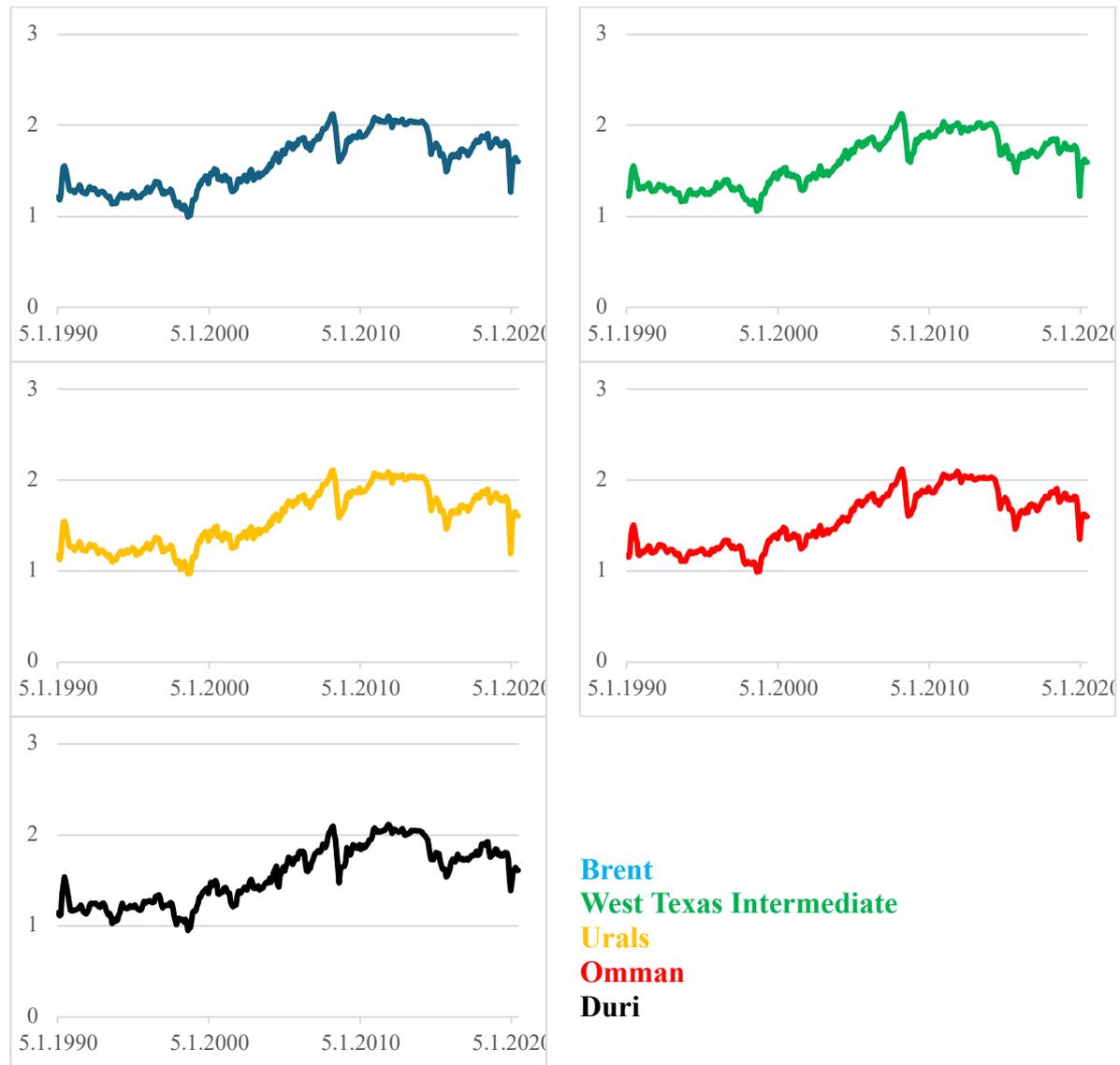
**Table 1. Diagnostic Statistics**

Statistics	Brent	Duri	Omman	Urals	West Texas Int.
Mean	1.593	1.563	1.574	1.576	1.597
Median	1.615	1.592	1.595	1.600	1.611

<b>Maximum</b>	2.124	2.118	2.122	2.112	2.127
<b>Minimum</b>	0.992	0.950	0.991	0.971	1.055
<b>Std. Dev.</b>	0.300	0.316	0.308	0.307	0.273
<b>Skewness</b>	0.031	0.017	0.039	0.041	0.030
<b>Kurtosis</b>	1.707	1.722	1.663	1.708	1.711

Upon consideration of Table 1, it becomes evident that all variables manifest a right-skewed and platykurtic distribution. Furthermore, while the means of the variables approximate each other, the Duri oil price demonstrates the lowest mean and the West Texas Intermediate oil price exhibits the highest mean. The temporal progression of oil prices during the period under consideration is illustrated in Graph 1.

**Graph 1. Time Series for Oil Prices**



**Source: Thomson Reuters Eikon**

As demonstrated in Graph 1, there has been a general upward trend in oil prices, although there have been occasional declines. The first decline in the period under review occurred in 1998 as

a result of tensions among member countries (Mabro, 2009)<sup>3</sup>. Secondly, although oil prices fell in 2008 in conjunction with the financial crisis, they subsequently experienced a resurgence until 2014. However, with the oversupply that occurred in 2014, prices fell back to rock-bottom levels in 2016 (World Economic Forum, 2016)<sup>4</sup> and remained low during the COVID-19 pandemic.

## 2. METHODOLOGY AND EMPIRICAL FINDINGS

In accordance with the objective of the study, variables related to oil prices are subjected to unit root tests. The underlying rationale for this phenomenon is that extant literature has demonstrated that the circumstance in which a variable reverts to its mean over time (i.e. the transient nature of shocks) can be assessed through the utilization of unit root tests (Bayraktar et al., 2023). Furthermore, in light of the fluctuations in oil prices during the study period, this study has incorporated unit root tests that are capable of accounting for structural change. In this context, unit root tests that take smooth breaks into account using Fourier terms have been employed, as suggested by Becker et al. (2004). These tests utilize the unit root tests developed by Enders and Lee (2004) and expanded with the Fourier terms in Equation 1: the Fourier Augmented Dickey Fuller (FADF), the Fractional Fourier Augmented Dickey Fuller (FFADF), and the Fourier Wavelet Augmented Dickey Fuller (FWADF).

$$\alpha_{(t)} = \alpha_0 + \sum_{k=1}^n \alpha_k \sin \frac{2\pi kt}{T} + \sum_{k=1}^n \beta_k \cos \frac{2\pi kt}{T}; n \leq T/2 \quad (1)$$

The trigonometric terms (*sin* and *cos*) displayed in Equation 1 serve as the foundation for the Fourier terms.  $T$  denotes the sample size,  $t$  denotes the trend and  $k$  is the frequency count ranging from 1 to 5. While trigonometric terms are indicative of structural change, it is imperative that traditional tests are utilised when the coefficient is statistically insignificant. Enders and Lee (2012) introduced the Fourier ADF (FADF) unit root test to the literature by adding Fourier terms to the ADF equation, as shown in Equation 2.

$$\Delta y_t = \theta_1 + \theta_2 y_{t-1} + \gamma_1 \sin \frac{2\pi kt}{T} + \beta_1 \cos \frac{2\pi kt}{T} + \sum_{i=1}^l \vartheta_i \Delta y_{t-i} + v_i \quad (2)$$

The term  $\theta_2$  in Equation 2 is employed to assess the unit root process of the variable. The null and alternative hypotheses for this unit root test are tested with the hypotheses  $H_0: \theta_2 = 0$  and  $H_1: \theta_2 < 0$ , respectively. The results obtained from the FADF unit root test are presented in Table 2.

**Table 2. Results of the FADF Unit Root Test**

Variables	k	l	F-Test Statistics	FADF Test Statistics
Brent	1	4	8.435 <sup>b</sup>	-3.712 <sup>a</sup>
	1	4	7.939 <sup>a</sup>	-4.1 <sup>a</sup>
Duri	1	11	10.209 <sup>c</sup>	-3.923 <sup>b</sup>

<sup>3</sup> <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:8e176905-4979-44a5-bc97-3096e5adea6c/files/m4a6812aa146e42e81d9030805b94cc39#:~:text=Successive%20deci%2D%20sions%20by%20OPEC,Venezuela%2C%20Iran%20and%20Gulf%20Countries.>

<sup>4</sup> <https://www.weforum.org/stories/2016/05/why-are-oil-prices-so-low/>

	1	10	7.949 <sup>a</sup>	-4.641 <sup>b</sup>
Omman	1	10	9.337 <sup>c</sup>	-4.371 <sup>c</sup>
	1	10	8.392 <sup>a</sup>	-4.044 <sup>a</sup>
Urals	1	4	8.143 <sup>b</sup>	-3.667 <sup>a</sup>
	1	4	7.695 <sup>a</sup>	-4.086 <sup>a</sup>
West Texas	1	3	10.009 <sup>c</sup>	-4.767 <sup>c</sup>
Intermediate	1	3	9.997 <sup>b</sup>	-4.501 <sup>b</sup>

**Notes:** a, b, c represent the statistical significance levels of 10%, 5% and 1% respectively. The Akaike information criterion (AIC) is utilised to determine the optimal lag length. The initial row of the variable is constant model; the subsequent row demonstrates the constant and trend model. The critical values are listed in the table in the study by Enders and Lee (2012).

According to the F-test statistics results in Table 2, it has been determined that the trigonometric terms of all variables are statistically significant in terms of structural change. In addition, the FADF test statistic suggests that the results are stationary at the level of the variables. In this instance, it can be posited that the shocks applied to the variables are of a temporary nature.

The calculation of the frequency count as an integer in the FADF unit root test indicates that the effect of structural change is not permanent (Christopoulos and León-Ledesma, 2011). Omay (2015) expands the range of the k value to between 0.1 and 2, while Bozuklu et al. (2020) expands it to allow fractional values between 0 and 5. Thus, situations where the effect of structural change is permanent can be examined using the fractional FADF unit root test. Table 3 presents the results of the FFADF unit root test.

**Table 3. Results of the FFADF Unit Root Test**

Variables	k	l	F-Test Statistics	FADF Test Statistics	ADF Test Statistics
Brent	1.2	4	8.625		-1.848
	1	4	7.939		-2.244
Duri	1.1	11	10.437 <sup>b</sup>	-4.671 <sup>c</sup>	-
	0.9	11	10.799 <sup>b</sup>	-4.586 <sup>c</sup>	-
Omman	1.2	10	9.967 <sup>a</sup>	-4.506 <sup>b</sup>	-
	0.9	10	9.402 <sup>a</sup>	-4.283 <sup>a</sup>	-
Urals	1.2	4	8.347		-1.599
	1	4	7.695		-2.329
West Texas	1.2	3	10.577 <sup>b</sup>	-4.893 <sup>c</sup>	-
Intermediate	1	3	9.997 <sup>b</sup>	-4.501 <sup>b</sup>	-

**Notes:** a, b, c represent the statistical significance levels of 10%, 5% and 1% respectively. The AIC is utilized to determine the optimal lag length. The initial row of the variable is constant model; the subsequent row demonstrates the constant and trend model. The critical values are listed in the table in the study by Omay (2015) and Bozuklu et al. (2020).

The results presented in Table 3 lend support to the hypothesis that the structural changes observed in *Duri*, *Omman*, and *West Texas Intermediate* are statistically significant. Moreover, the results of the unit root test conducted by the FFADF indicate that the variables in question do not contain a unit root, and the impact of shocks is temporary. Conversely, given that the structural change is not significant for *Brent* and *Urals*, the conventional ADF unit root test is employed. The findings suggest that the variables contain a unit root. Thus, it can be said that the effects of shocks on the *Brent* and *Urals* variables are permanent. When comparing the FADF and FFADF unit root tests, it is determined that the *Duri*, *Omman*, and *West Texas Intermediate* variables are not differ. In this case, it can be said that the structural change in the relevant variables is temporary.

Fan and Gencay (2010) propose a unit root test that is based on the wavelet approach, which takes into account the frequency density of variables. In contrast, Eroğlu and Soybilgen (2018), building upon the contributions of Fan and Gencay (2010), employs the wavelet approach alongside the ADF unit root test. The wavelet transform is calculated using equations 3 and 4, taking into account the wavelet and wavelet coefficients. Furthermore, equation 5 demonstrates the equation for the Wavelet ADF unit root test, as introduced to the literature by Eroğlu and Soybilgen (2018). Finally, equation 6 presents the test statistic for the unit root test. Aydin and Pata (2020) introduce the Fourier wavelet ADF unit root test to the extant literature by adding Fourier terms to the wavelet.

$$w_{1,t} = \sum_{l=0}^{L-1} h_1 x_{2t+1-l \bmod N} \tag{3}$$

$$v_{1,t} = \sum_{l=0}^{L-1} g_1 x_{2t+1-l \bmod N} \tag{4}$$

$$\Delta V_{1,t} = \sum_{j=0}^p \rho_j \Delta V_{1,t-j} + \delta V_{1,t-1} + \varepsilon_t \tag{5}$$

$$ADF_t^* = \frac{\hat{\delta}}{Std(\hat{\delta})} \tag{6}$$

$$\Delta V_{1,t} = \sum_{j=0}^p \rho_j \Delta V_{1,t-j} + \delta V_{1,t-1} + \beta \sin \frac{2\pi kt}{T} + \varepsilon_t \tag{7}$$

In these equations,  $t = 0, 1, \dots, N/2 - 1$  and  $l = 1, \dots, L - 1$  are considered;  $V_{1,t}$ ,  $w_{1,t}$ ,  $v_{1,t}$ ,  $h_l$  and  $g_l$  denote the wavelet, scaling coefficient, scale and wave filters, respectively. The results obtained from the FWADF unit root test are presented in Table 4.

**Table 4. Results of the FWADF Unit Root Test**

Variables	k	l	FWADF Test Statistics	t-Test Statistics
Brent	1	11	-4.201 <sup>c</sup>	-3.941 <sup>c</sup>
	1	11	-4.169 <sup>c</sup>	-3.956 <sup>c</sup>
Duri	1	5	-4.063 <sup>c</sup>	-3.897 <sup>c</sup>
	1	9	-3.842 <sup>b</sup>	-3.625 <sup>c</sup>

Omman	1	12	-4.111 <sup>c</sup>	-3.868 <sup>c</sup>
	1	11	-4.016 <sup>c</sup>	-3.801 <sup>c</sup>
Urals	1	11	-4.275 <sup>c</sup>	-3.998 <sup>c</sup>
	1	11	-4.199 <sup>c</sup>	-3.985 <sup>c</sup>
West Texas	1	11	-3.341 <sup>b</sup>	-3.097 <sup>c</sup>
Intermediate	1	11	-3.378 <sup>b</sup>	-3.159 <sup>c</sup>

**Notes:** a, b, c represent the statistical significance levels of 10%, 5% and 1% respectively. The Akaike information criterion (AIC) is utilized to determine the optimal lag length. The initial row of the variable is constant model; the subsequent row demonstrates the constant and trend model. The critical values are listed in the table in the study by Aydın and Pata (2020).

As demonstrated in Table 4, the results obtained are consistent with those presented in Table 2. The FWADF unit root test indicates that no variables contain a unit root, and the effects of the shocks are temporary.

## CONCLUSION

The primary objective of this study is to examine the stability characteristics of representative crude oil types selected from different regions from a comparative perspective. The findings of the FADF test suggest a substantial rejection of the unit root hypothesis in the Brent, Duri, Omman, Urals, and West Texas Intermediate series under constant and constant-trend models. The strong significance obtained at the 1% level, particularly for West Texas Intermediate and Omman, indicates that the prices of these markets tend to revert to the mean in the long term.

FFADF tests do not demonstrate statistical significance in the Brent and Urals series. This finding suggests the presence of persistent shocks and long memory properties in these series. In contrast, the unit root is rejected at the 1% and 5% levels in the Duri, Omman, and West Texas Intermediate series. This finding indicates that these markets exhibit a tendency towards stationarity despite being fractional processes. Overall results reveal that memory effects in oil markets exhibit regional heterogeneity.

The results of the FWADF test indicate that stationarity is achieved in all series (at the 1% or 5% level). It is important to note that, in consideration of the multi-scale wavelet decomposition, stationarity is identified in the Brent and Urals series, despite the presence of uncertainty in the Fourier ADF and FFADF results.

The general findings indicate that the North American (West Texas Intermediate) and Middle Eastern (Omman) markets show a tendency to return to strong averages, while long-term persistent shocks are affecting the European (Brent) and Mediterranean (Urals) markets. In contrast, the Asian (Duri) market has exhibited consistent stability across all three tests.

## REFERENCES

- Aydın, M. & Pata, U. K. (2020). Are shocks to disaggregated renewable energy consumption permanent or temporary for the USA? Wavelet based unit root test with smooth structural shifts. *Energy*, 20, 118245.
- Barros, C. P. & Gil-Alana, L. A. (2016). Oil prices: Persistence and breaks. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 11(2), 137-149.

- Bayraktar, Y., Koc, K., Toprak, M., Ozyilmaz, A., Olgun, M. F., Balsalobre-Lorente, D. & Soylu, O. B. (2023). Convergence of per capita ecological footprint among BRICS-T countries: evidence from Fourier unit root test. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(22), 63022-63035.
- Becker, R., Enders, W. & Lee, J. (2006). A stationary test with an unknown number of smooth breaks. *Journal of Time Series Analysis*, 27, 381–409.
- Bozoklu, S., Yilanci, V. & Gorus, M. S. (2020). Persistence in per capita energy consumption: A fractional integration approach with a Fourier function. *Energy Economics*, 91, 1-12.
- Coimbra, C. & Esteves, P. S. (2004). Oil price assumptions in macroeconomic forecasts: Should we follow futures market expectations?. *OPEC review*, 28(2), 87-106.
- Enders, W. & Lee, J. (2012). The flexible Fourier form and Dickey–Fuller type unit root tests. *Economics Letters*, 117(1), 196-199.
- Eroglu B. & Soybilgen, B. (2018). On the performance of wavelet based unit root tests. *Journal Risk Financial Management*, 11(3), 47.
- Fan, Y. & Ramazan, G. (2010). Unit Root Tests with Wavelets. *Econometric Theory*, 5, 1305–31.
- Gil-Alana, L. A. & Monge, M. (2020). Crude oil prices and COVID-19: Persistence of the shock. *Energy Research Letters*, 1(1).
- Gülen, G. S. (1997). Regionalization in the world crude oil market. *The Energy Journal*, 18(2), 109-126.
- Landajo, M., Presno, M. J. & Fernández González, P. (2021). Stationarity in the prices of energy commodities. *A Nonparametric Approach. Energies*, 14(11), 3324.
- Omay, T. (2015). Fractional frequency flexible Fourier form to approximate smooth breaks in unit root testing. *Economics letters*, 134, 123-126.
- Ozdemir, Z. A., Gokmenoglu, K. & Ekinci, C. (2013). Persistence in crude oil spot and futures prices. *Energy*, 59, 29-37.
- Postali, F. A. & Picchetti, P. (2006). Geometric Brownian motion and structural breaks in oil prices: a quantitative analysis. *Energy Economics*, 28(4), 506-522.
- Serletis, A. & Rangel-Ruiz, R. (2004). Testing for common features in North American energy markets. *Energy Economics*, 26(3), 401-414.
- Silvapulle, P. & Moosa, I. A. (1999). The relationship between spot and futures prices: Evidence from the crude oil market. *Journal of Futures Markets: Futures, Options, and Other Derivative Products*, 19(2), 175-193.
- Tabak, B. M. (2003). On the information content of oil future prices. *Economia Aplicada*, 7(1), 111-131.

## PETKİM HİSSE SENEDİ FİYATLARI İLE USD/TL DÖVİZ KURU DİNAMİKLERİNDE YAPISAL KIRILMALAR VE FOURIER KOİNTEGRASYONU

*Nazrin Burcaliyeva<sup>5</sup>*

### ÖZ

Bu makale, 1 Mayıs 2023 – 29 Mart 2024 dönemine ait 240 günlük gözleme dayanarak Petkim hisse senedi fiyatları ile USD/TL döviz kuru arasındaki dinamik ilişkiyi incelemektedir. Bai–Perron çoklu yapısal kırılma testleri, her iki seride de önemli rejim değişiklikleri tespit etmiş ve ilişkinin zamanla değişen bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymuştur. Birinci rejim dönemi (1 Mayıs – 22 Haziran 2023) esas alınarak yapılan Genişletilmiş Dickey–Fuller (ADF) testleri, serilerin düzeyde durağan olmadığını ancak birinci farklarında durağan hale geldiğini göstermiştir. Frekans alanında Granger nedensellik analizi, düşük ve orta frekans bantlarında döviz kurundan Petkim fiyatlarına doğru güçlü tek yönlü nedensellik bulunduğunu, ters etkinin ise zayıf kaldığını ortaya koymuştur. Aynı rejim kapsamında, Johansen kointegrasyon çerçevesine Fourier fonksiyonlarının dâhil edilmesi, kısa dönemli oynaklığa rağmen en az bir uzun dönemli denge ilişkisinin varlığına dair güçlü kanıtlar sunmaktadır. Fourier Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) tahminleri ise, dengeden sapmaların hisse senedi fiyatlarında döviz kuruna kıyasla daha hızlı düzeldiğini, dolayısıyla asimetric bir uyum dinamiği bulunduğunu göstermektedir. Petkim’in döviz cinsinden girdilere ve ihracat gelirlerine bağımlılığı göz önüne alındığında, hisse değerlemesinin doğal olarak döviz kuru hareketleriyle yakından ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Genel olarak, bulgular firma düzeyinde fiyatlamada döviz dalgalanmalarının belirleyici rolünü vurgulamakta ve rejime bağlı finansal ilişkilerin yakalanmasında Fourier fonksiyonlarının metodolojik önemini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapısal kırılmalar; frekans alanı Granger nedenselliği; Fourier Johansen kointegrasyon testi; Fourier vektör hata düzeltme modeli (VECM)

### STRUCTURAL BREAKS AND FOURIER COINTEGRATION IN THE DYNAMICS OF PETKIM STOCK PRICES AND THE USD/TL EXCHANGE RATE

#### ABSTRACT

This article investigates the dynamic interaction between Petkim stock prices and the USD/TL exchange rate from 1 May 2023 to 29 March 2024, using 240 daily observations. Bai–Perron multiple structural break tests identify significant regime shifts in both series, underscoring that the relationship is time-varying rather than stable. Focusing on the first identified regime (1 May – 22 June 2023), Augmented Dickey–Fuller tests confirm non-stationarity at levels and stationarity at first differences. Frequency-domain Granger causality analysis reveals strong unidirectional causality from the exchange rate to Petkim prices across low- and medium-frequency bands, while the reverse effect remains weak. Within the same regime, incorporating Fourier functions into the Johansen framework provides robust evidence of at least one cointegrating vector, indicating a long-run equilibrium relationship despite short-run volatility. Estimation of a Fourier Vector Error Correction Model shows that deviations from equilibrium are corrected more rapidly in stock prices than in the exchange rate, highlighting asymmetric adjustment dynamics. Given Petkim’s dependence on foreign currency inputs and export revenues, its stock valuation is naturally tied to exchange rate movements. Overall, the findings emphasize the decisive role of currency fluctuations in firm-level pricing and demonstrate the methodological importance of Fourier functions for capturing regime-dependent financial relationships.

**Keywords:** Structural breaks; frequency-domain Granger causality; Fourier Johansen cointegration test; Fourier vector error correction model (VECM)

---

<sup>5</sup> Phd Student, Baku State University, Faculty of International Relations and Economics, Department of Mathematical Economics, nazrin.burcaliyeva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4652-6182>

## INTRODUCTION

Exchange rate volatility is a defining determinant of stock market performance in emerging economies, where policy uncertainty and external shocks are frequent. Currency fluctuations alter the cost of imported inputs, reshape export revenues, and ultimately influence firm profitability and valuation. In Türkiye, these dynamics are particularly pronounced. Petkim—the country’s largest petrochemical producer—faces heightened exposure due to its dependence on imported raw materials and its export-oriented production model. As a result, movements in the USD/TL exchange rate play a decisive role in shaping Petkim’s stock-price behavior.

Despite the abundance of research on the exchange rate–equity nexus, empirical evidence remains mixed. In certain periods, currency depreciation raises input costs and compresses margins, exerting downward pressure on stock prices. In others, exchange rate movements coincide with export gains and improved profitability. Such inconsistencies indicate that the relationship is not stable but varies across regimes, time horizons, and macro-financial conditions. Standard linear approaches, which assume structural stability, are therefore insufficient to fully capture these dynamics.

Recent methodological developments provide more suitable tools for analyzing such complexities. Structural break tests identify sudden shifts in relationships, while Fourier-based cointegration techniques capture smooth cyclical adjustments that conventional methods overlook. In addition, frequency-domain causality offers insights into how exchange rate effects operate across short-, medium-, and long-term horizons.

Building on these advances, this study investigates the dynamic relationship between Petkim stock prices and the USD/TL exchange rate during the period May 2023–March 2024. By combining Bai–Perron structural break analysis, Fourier-based cointegration methods, and frequency-domain Granger causality tests, the study provides new evidence on the regime-dependent and nonlinear nature of this linkage. The primary objective is to assess whether a stable long-run equilibrium exists and to evaluate the speed and direction of short-run adjustments across different regimes. In doing so, the study contributes to the broader literature on financial integration in emerging markets and offers practical implications for policymakers, investors, and corporate risk managers operating under volatile currency conditions.

## LITERATURE REVIEW

The interaction between banks’ interest and noninterest income has long attracted scholarly attention due to its implications for profitability, portfolio diversification, and financial resilience. Earlier literature mainly focused on short-term linkages through correlation and regression analyses. Debnath et al. (2024) examined income diversification among Indian banks, emphasizing its role in mitigating risk but acknowledging the lack of a cointegration perspective. Similarly, Abu Khalaf et al. (2024), analyzing MENA-region banks, identified short-run correlations without considering long-run elasticities or equilibrium mechanisms. As a result, persistent structural dynamics and cyclical adjustments between income components remained largely unexplored.

To overcome these shortcomings, later studies adopted nonlinear and smooth-transition econometric frameworks utilizing Fourier approximations. Akça (2025) applied Fourier–Shin cointegration (Tsong et al., 2016) and Fourier–KPSS (Becker et al., 2006) tests to investigate structural nonlinearities between foreign direct investment and energy consumption in Türkiye, whereas Alpağut (2024) used Fourier–ADL and Fourier–Toda–Yamamoto causality models to analyze inflation, money supply, and dollarization. Although these studies identified long-run linkages, they did not integrate vector error-correction structures. Akbulaev et al. (2023) examined Brent oil prices and Moscow stock indices through Granger (1969) and Breitung–Candelon (2006) frequency-domain causality, revealing bidirectional short-run causality while overlooking long-term co-movements. Collectively, these studies demonstrated the

effectiveness of Fourier methods in modeling smooth structural transitions but showed that explicit multivariate cointegration systems were still absent.

The scope of Fourier-based techniques has since expanded into financial and exchange-rate analyses. Burjaliyeva (2024) explored the USD/TRY exchange rate and Petkim stock prices using Fourier–KPSS and Fourier–Shin cointegration tests, establishing a long-term relationship though not extending the framework to a Fourier-based VECM. In a subsequent paper, Burjaliyeva (2025) combined Fourier–KPSS, Fourier–ADL, and Breitung–Candelon causality tests for Azer Turk Bank, revealing that interest income predominantly drives noninterest income in the short and medium term. Orudzhev and Mammadova (2024) confirmed cointegration between AZN/RUB and USD/RUB exchange rates using ECM and ARDL models but excluded harmonic terms. Likewise, Ağca et al. (2024) and Suliyanto et al. (2024) highlighted that Fourier–VAR and Fourier–VECM frameworks yield superior performance compared to linear models when cyclical or sinusoidal dynamics are present, underscoring the significance of trigonometric error-correction formulations.

A major methodological breakthrough was presented by Orudzhev and Burjaliyeva (2025), who synthesized Johansen cointegration, Fourier–KPSS, Fourier–ADL, Fourier–Toda–Yamamoto, and Breitung–Candelon causality tests into an integrated econometric framework. Employing quarterly data for Azer Turk Bank covering 2016Q1–2024Q3, they developed the first explicit Fourier-based Vector Error Correction Model (VECM) that incorporates sine and cosine terms to capture cyclical deviations around nonlinear trends. The empirical results verified the existence of a stable long-term equilibrium between interest and noninterest income.

The model was evaluated under multiple frequency settings to enhance robustness and spectral accuracy. Consequently, this study established a new methodological standard in the analysis of bank income structures by merging classical and Fourier-based econometric approaches. Their framework not only unified equilibrium and cyclical behavior within a single system but also produced replicable analytical expressions that improve forecasting reliability and policy interpretation. Future research can build upon this foundation by applying the Fourier–VECM methodology to wider financial systems and cross-country banking contexts.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

The empirical analysis is based on 240 daily observations of PETKIM stock prices and the USD/TL exchange rate covering the period from 1 May 2023 to 29 March 2024. Daily closing prices of PETKIM stocks were obtained from investing.com and cross-checked against widely used financial databases. PETKIM stock prices are expressed in Turkish lira, while the exchange rate is represented as Turkish lira per U.S. dollar.

The selected period coincides with notable episodes of currency depreciation and fluctuations in domestic financial markets, making it a suitable timeframe for examining the interaction between stock prices and exchange rate dynamics. As PETKIM is highly exposed to international trade—importing raw materials in foreign currency and exporting finished products—it is particularly sensitive to daily exchange rate movements.

To detect potential shifts in the relationship between PETKIM stock prices and the USD/TL exchange rate, the Bai–Perron multiple structural break test was applied. Table 1 presents the estimated break dates along with their corresponding F-statistics and critical values.

Table 1. Bai–Perron Breakpoints for USD/TL

Multiple breakpoint tests
Bai-Perron tests of L+1 vs. L sequentially determined breaks
Date: 07/04/25 Time: 16:01
Sample: 5/01/2023 3/29/2024
Included observations: 240

Breaking variables: C		
Break test options: Trimming 0.15, Max. breaks 5, Sig. level 0.05		
Break dates	F-statistic	Critical Values
6/23/2023	558.0512	8.58
12/26/2023	384.2123	10.13
10/09/2023	119.4031	11.14

The results indicate that there are three statistically significant structural breaks in the USD/TL exchange rate during the sample period:

- 23 June 2023 ( $F = 558.05 > 8.58$ ),
- 9 October 2023 ( $F = 119.40 > 11.14$ ),
- 26 December 2023 ( $F = 384.21 > 10.13$ ).

The fact that the F-statistics substantially exceed the corresponding critical values confirms the presence of multiple structural changes. These breakpoints coincide with periods of heightened volatility in Turkish financial markets, reflecting shifts in monetary policy expectations, external shocks, and seasonal pressures in foreign currency demand.

Identifying these breakpoints is of critical importance for subsequent econometric modeling, as they demonstrate that the relationship between Petkim stock prices and the USD/TL exchange rate is not stable over the entire sample. Incorporating structural changes into the models—through Fourier functions or segmented specifications—allows for a more precise evaluation of both long-run and short-run dynamics.

In addition to the exchange rate, the Bai–Perron multiple structural break test was also applied to the Petkim time series in order to investigate potential regime shifts during the sample period. The results are shown in Table 2.

Table 2. Bai–Perron Breakpoints for Petkim Stock Price

Multiple breakpoint tests		
Bai-Perron tests of L+1 vs. L sequentially determined breaks		
Date: 07/04/25 Time: 16:07		
Sample: 5/01/2023 3/29/2024		
Included observations: 240		
Breaking variables: C		
Break test options: Trimming 0.15, Max. breaks 5, Sig. level 0.05		
Break dates	F-statistic	Critical Values
7/31/2023	555.1268	8.58
1/30/2024	146.0234	10.13
12/11/2023	18.20326	11.14
10/02/2023	53.86388	11.83

The test identifies four structural breaks in Petkim stock prices between May 2023 and March 2024:

- 31 July 2023 ( $F = 555.13 > 8.58$ ),
- 2 October 2023 ( $F = 53.86 > 11.83$ ),
- 11 December 2023 ( $F = 18.20 > 11.14$ ),
- 30 January 2024 ( $F = 146.02 > 10.13$ ).

The most pronounced change occurred at the end of July 2023, coinciding with a sharp correction period in Turkish financial markets following exchange rate fluctuations. The breaks observed in October 2023 and January 2024 also align with phases of volatility in the USD/TL exchange rate, highlighting the strong dependence of Petkim's stock price dynamics on exchange rate movements.

Interestingly, both series exhibit multiple breaks, though their timing only partially overlaps and is not identical. This suggests that Petkim stocks respond asymmetrically to exchange rate shocks, adjusting either with a lag or at varying intensities. The simultaneous break recorded in December 2023 in both series most likely reflects a common structural disturbance associated with seasonal liquidity shifts and monetary policy announcements.

The identification of these breaks reinforces the importance of employing econometric approaches that account for nonlinear adjustments and structural changes. Such approaches include Fourier cointegration techniques or models that capture regime-dependent dynamics.

The Bai–Perron multiple structural break test results for the USD/TL exchange rate (Table 1) and Petkim stock prices (Table 2) demonstrate that both series experienced statistically significant changes during the sample period. To better capture their joint dynamics, the identified breakpoints were aligned, and the common break intervals are summarized in Table 3.

Table 3. Common Break Intervals for USD/TL and Petkim

Period	Approximate Date Range
1st	01.05.2023 – 23.06.2023
2nd	31.07.2023 – 02.10.2023
3rd	10.10.2023 – 06.12.2023
4th	10.01.2024 – 29.03.2024

Figure 1 illustrates the joint dynamics of Petkim stock prices and the USD/TL exchange rate. This sub-period covers the dates from 1 May 2023 to 21 June 2023 and consists of 39 daily observations.

At the beginning of May, the USD/TL exchange rate remained relatively stable, but in early June 2023 it entered a phase of sharp appreciation. This distinct regime shift corresponds to the first structural break identified by the Bai–Perron test (23 June 2023). In contrast, Petkim stock prices fluctuated within a narrow range throughout May, displaying only a gradual upward trend from mid-June onward.

From an econometric perspective, two key points are noteworthy. First, the exchange rate exhibits a stepwise adjustment process: stable periods are interrupted by sudden jumps, underscoring the importance of accounting for structural breaks in modeling. Second, the price response of Petkim stocks is both delayed and asymmetric: adjustment to exchange rate depreciation occurs only after a certain point in time, indicating the presence of nonlinear transmission mechanisms.

Consequently, these initial dynamics reinforce the necessity of conducting formal tests for unit roots, cointegration, and structural changes. For this purpose, methodologies capable of capturing regime-dependent behaviors—particularly Fourier-based approaches—are considered more effective.

Table 4 presents the descriptive statistics.

Table 4. Descriptive Statistics for Petkim Stock Prices and USD/TL Exchange Rate

	PETKIM PRICE	USD TL PRICE
Mean	13.45744	20.99752

Median	13.06000	19.97440
Maximum	15.41000	23.66010
Minimum	11.83000	19.44950
Std. Dev.	1.059324	1.721436
Skewness	0.377939	0.706176
Kurtosis	1.735475	1.716424
Jarque-Bera	3.526858	5.918751
Probability	0.171456	0.051851
Sum	524.8400	818.9034
Sum Sq. Dev.	42.64234	112.6071
Observations	39	39

Table 4 reports the descriptive statistics for Petkim stock prices and the USD/TL exchange rate over 39 daily observations. The average price of Petkim shares during the sample period was 13.46, while the mean exchange rate stood at 20.99. Both series show moderate variability, with standard deviations of 1.06 and 1.72, respectively.

The distributional characteristics indicate mild asymmetric USD/TL. Petkim prices exhibit a positive skewness (0.38), implying that higher-than-average values occur more frequently than lower ones. The exchange rate also shows right-skewed behavior (0.71), suggesting upward pressure during the period. However, both series display kurtosis values below the normal benchmark of 3 (1.73 for Petkim, 1.72 for USD/TL), pointing to relatively flat distributions with lighter tails.

Normality tests provide additional insight. The Jarque–Bera statistic does not reject normality for Petkim stock prices ( $p = 0.171$ ), while for the USD/TL exchange rate, the test is borderline significant ( $p = 0.052$ ), indicating potential deviations from normality that may be associated with exchange rate shocks or market adjustments.

Overall, these statistics highlight that while both series follow relatively stable dynamics, the exchange rate exhibits stronger non-normal features and volatility compared to Petkim prices. Such distributional characteristics justify the application of econometric techniques that account for nonlinearity and potential structural shifts in subsequent analysis.

The time series properties of the variables were further examined using the Augmented Dickey–Fuller (ADF) unit root test. The results for Petkim stock prices and the USD/TL exchange rate (39 observations) are reported in Table 5.

**Table 5. Augmented Dickey–Fuller (ADF) Unit Root Tests**

	t-statistic	Critical values 1%	Critical values 5%	Critical values 10%
Petkim_price intercept	-1.921065	-3.457630	-2.873440	-2.573187
Petkim_price trend and intercept	-1.870598	-3.996918	-3.428739	-3.137804
USD/TL intercept	-0.410750	-3.621023	-2.943427	-2.610263
USD/TL Trend and intercept	-2.055043	-4.226815	-3.536601	-3.200320
$\Delta$ Petkim_price intercept	-16.20925	-3.457747	-2.873492	-2.573215

$\Delta$ Petkim_price	-16.27534	-3.997083	-3.428819	-3.137851
trend and intercept				
$\Delta$ (USD/TL)	-3.507697	-3.621023	-2.943427	-2.610263
intercept				
$\Delta$ (USD/TL)	-3.491682	-4.226815	-3.536601	-3.200320
Trend and intercept				

According to the ADF test, at levels neither Petkim stock prices nor the USD/TL exchange rate reject the null hypothesis of a unit root across all model specifications, confirming that both series are non-stationary in levels. When first differences are considered, Petkim stock prices become stationary, while the USD/TL series is found to be stationary at the 5% and 10% significance levels under the intercept specification, and at the 10% level under the trend and intercept specification.

To complement the time-domain analysis, the spectral Granger causality test was applied to evaluate whether the causal relationships between Petkim stock prices and the USD/TL exchange rate vary across different frequencies. This approach allows for distinguishing between short-run and long-run dynamics and identifying causality relations over different time horizons.

**Table 6. Frequency-Domain Granger Causality Results**

Angular frequency	USD_TL_PRICE $\Rightarrow$ PETKIM_PRICE	PETKIM_PRICE $\Rightarrow$ USD_TL_PRICE
0.161107	0.031185	0.042808
0.322215	0.003911	0.058647
0.483322	0.023800	0.111903
0.644429	0.004981	0.115968
0.805537	0.000835	0.267084
0.966644	0.001291	0.184271
1.127751	0.012113	0.134747
1.288859	0.004511	0.109406
1.449966	0.004065	0.133238
1.611073	0.003310	0.858708
1.772180	0.001676	0.426752
1.933288	0.001332	0.264491
2.094395	0.013251	0.454834
2.255502	0.150131	0.396299

2.416610	0.023016	0.381252
2.577717	0.008263	0.398227
2.738824	0.006346	0.492977
2.899932	0.065190	0.991635

The results show strong evidence of Granger causality running from the USD/TL exchange rate to Petkim stock prices across most frequencies. In particular, within the low- and medium-frequency ranges (0.16–1.45 radians), the p-values are consistently below 0.05. This implies that exchange rate fluctuations exert a statistically significant influence on Petkim stock prices, especially over short- and medium-term horizons.

Conversely, the evidence of causality from Petkim stock prices to the USD/TL exchange rate is much weaker. Marginal significance is observed only at the lowest frequency (0.161 rad,  $p = 0.0428$ ), while at most other frequencies the null hypothesis of no causality cannot be rejected. This finding suggests that stock price movements do not systematically drive exchange rate fluctuations, which is consistent with the predominance of macro-financial factors in determining the exchange rate in Turkey.

Taken together, the results reveal an asymmetric causal relationship: exchange rate dynamics significantly affect firm-level stock valuations, whereas the reverse effect is markedly weaker. To investigate the existence of a long-run equilibrium relationship between Petkim stock prices and the USD/TL exchange rate, the Johansen cointegration test was employed. Table 7 presents the Johansen cointegration test results for the relationship between Petkim stock prices and the USD/TL exchange rate, incorporating Fourier terms (SIN and COS) as exogenous regressors. The inclusion of trigonometric functions allows the model to capture smooth structural shifts and cyclical dynamics that are otherwise overlooked in the standard linear framework.

**Table 7. Johansen cointegration test result**

---

**Date: 07/08/25 Time: 11:35**

**Sample: 5/01/2023 6/22/2023**

---

Included observations: 36

Series: PETKIM\_PRICE USD\_TL\_PRICE

Exogenous series: SIN(0.1611t) COS(0.3222t)

Warning: Rank Test critical values derived assuming no exogenous series

Lags interval: 1 to 1

Selected (0.05 level\*) Number of Cointegrating Relations by Model

Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Test Type	No Intercept	Intercept	Intercept	Intercept	Intercept
	No Trend	No Trend	No Trend	Trend	Trend

Trace	0	1	2	1	2
Max-Eig	0	1	2	1	2

\*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)

Information Criteria by Rank and Model					
Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Rank or	No Intercept	Intercept	Intercept	Intercept	Intercept
No. of CEs	No Trend	No Trend	No Trend	Trend	Trend
Log Likelihood by Rank (rows) and Model (columns)					
0	-9.813217	-9.813217	-7.928632	-7.928632	-7.549521
1	-5.326614	1.141395	2.940819	6.990445	7.322093
2	-5.309934	5.580888	5.580888	10.16886	10.16886
Akaike Information Criteria by Rank (rows) and Model (columns)					
0	0.746660	0.746660	0.752899	0.752899	0.840515
1	0.720358	0.424789	0.381577	0.216733*	0.252860
2	0.935672	0.455087	0.455087	0.315197	0.315197
Schwarz Criteria by Rank (rows) and Model (columns)					
0	0.920814	0.920814	1.014129	1.014129	1.188821
1	1.068664	0.816634	0.816961	0.695654*	0.775320
2	1.458132	1.064624	1.064624	1.011810	1.011810

Across alternative trend specifications—none, linear, and quadratic—the trace and maximum eigenvalue statistics indicate at least one cointegrating vector at the 5% significance level. This suggests the presence of a long-run equilibrium relationship between Petkim stock prices and the USD/TL exchange rate despite short-run fluctuations. Notably, models with linear and quadratic deterministic trends perform better in terms of information criteria (AIC and SC), supporting the robustness of the cointegration finding.

The cointegrating equation confirms that Petkim stock prices are positively associated with the exchange rate in the long run, with the estimated coefficient of approximately 0.51 on USD/TL being highly significant ( $t \approx 4.82$ ). The negative and significant trend term ( $-0.072$ ) indicates a gradual downward adjustment in the equilibrium path, reflecting possible structural forces in the Turkish financial market over the sample period.

$$\Delta PETKIM\_PRICE_t = -0.705(PETKIM\_PRICE_{t-1} + 0.507USD/TL_{t-1} - 0.072@TREND(5/01/23) - 22.658) - 0.319 \Delta PETKIM\_PRICE_{t-2} + 0.417 \Delta USD/TL_{t-2} - 0.9256 \sin(0.1611t) - 0.353 \cos(0.3222t) - 0.041 \quad (1)$$

$$\Delta USD/TL_t = -0.183(PETKIM\_PRICE_{t-1} + 0.507USD/TL_{t-1} - 0.072@TREND(5/01/23) - 22.658) + 0.093 \Delta PETKIM\_PRICE_{t-2} - 0.103 \Delta USD/TL_{t-2} - 0.404 \sin(0.1611t) - 0.218 \cos(0.3222t) \quad (2)$$

The estimated Vector Error Correction Model (VECM) provides evidence of a stable long-run relationship between Petkim stock prices and the USD/TL exchange rate. In the first equation (1), the error correction coefficient for Petkim stock prices is  $-0.705$  ( $t \approx -5.82$ ), which is highly significant. This indicates that nearly 70% of any deviation from the long-run equilibrium is corrected within one trading day, corresponding to an adjustment period of roughly 1.4 days. Such a rapid speed of adjustment highlights that Petkim stock prices are strongly mean-reverting toward equilibrium when shocks occur.

In contrast, the adjustment coefficient in the second equation (2) for USD/TL is  $-0.183$  ( $t \approx -1.77$ ), which is weaker and only marginally significant. This implies that the exchange rate corrects about 18% of disequilibrium per period, requiring approximately 5.5 days for adjustment. Thus, while both variables respond to deviations from equilibrium, the burden of correction falls more heavily on Petkim stock prices, whereas the exchange rate exhibits slower and less pronounced adjustment.

These findings confirm the asymmetric adjustment mechanism: stock prices rapidly realign with exchange rate movements, while the exchange rate itself shows limited feedback from stock market fluctuations. The significant Fourier terms (sin and cos components) further capture cyclical behavior and smooth structural shifts, reinforcing the robustness of the model in reflecting regime-dependent dynamics.

Residual diagnostics support the adequacy of the model. The LM tests confirm no serial correlation up to lag 4, and heteroskedasticity tests do not reject the null of constant variance. While normality is rejected due to skewness and excess kurtosis in the second component, such deviations are common in financial data and do not undermine the main inference.

## CONCLUSION

This study examined the dynamic interaction between Petkim stock prices and the USD/TL exchange rate over the period 1 May 2023 to 29 March 2024 by employing structural break analysis, Fourier-based cointegration, and frequency-domain causality methods. The Bai-Perron tests revealed multiple significant breakpoints in both series, confirming that the relationship is regime-dependent rather than stable across the full sample.

Unit root tests established that both variables are non-stationary in levels but stationary in first differences, while frequency-domain Granger causality tests highlighted a strong and persistent influence of exchange rate fluctuations on Petkim stock prices, with only weak feedback in the opposite direction. Incorporating Fourier terms into the Johansen framework provided robust evidence of at least one cointegrating vector, indicating the presence of a long-run equilibrium despite short-run volatility.

The Vector Error Correction Model further demonstrated an asymmetric adjustment mechanism. Petkim stock prices corrected nearly 70% of deviations from equilibrium within one day, whereas the USD/TL adjusted more slowly and less significantly. This asymmeTL

reflects the structural dependence of Petkim on foreign currency inputs and revenues, which makes its valuation highly sensitive to exchange rate changes.

Overall, the findings underscore the decisive role of exchange rate dynamics in shaping firm-level stock prices in Türkiye and demonstrate the methodological value of Fourier-based approaches in capturing nonlinear, regime-dependent financial relationships. The results provide important implications for investors, policymakers, and corporate managers seeking to understand and manage the risks associated with currency volatility in emerging markets.

## REFERENCES

- Abu Khalaf, B., Awad, A. B., and Ellis, S. (2024). The impact of noninterest income on commercial bank profitability in the Middle East and North Africa (MENA) region. *Journal of Risk and Financial Management*, 17(3), 103. doi:10.3390/jrfm17030103
- Akbulaev, N., Muradzada, I., and Hasanov, Z. (2023). Relationship between oil prices and Russia exchange indices: Analysis of frequency causality. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(5), 607–615. doi:10.32479/ijeep.14123
- Akça, T. (2025). The effects of energy consumption and foreign direct investments on economic growth in Türkiye: Fourier–Shin cointegration test. *TESAM Akademi Dergisi*, 12(1), 457–479. doi:10.30626/tesamakademi.1387796
- Alpağut, S. (2024). Money supply, inflation and dollarization: An analysis on Türkiye using Fourier models. *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 8(1), 244–261. doi:10.29216/ueip.1456594
- Becker, R., Enders, W., and Lee, J. (2006). A stationarity test in the presence of an unknown number of smooth breaks. *Journal of Time Series Analysis*, 27(3), 381–409. doi:10.1111/j.1467-9892.2006.00478.x
- Burjaliyeva, N. (2024). The impact of USD/TL exchange rate fluctuations on Petkim stock prices: A Fourier analysis approach. *Proceedings of Azerbaijan High Technical Educational Institution*, 45(10), 338–348. doi:10.36962/pahtei45102024-35
- Burjaliyeva, N. (2025). The dynamic interaction between interest and noninterest income in Azer Turk Bank: A Fourier-based econometric study. *Ekonomika i Predprinimatel'stvo*, 2(175), 1051–1056. doi:10.34925/EIP.2025.175.2.192
- Debnath, A., Bisht, R., Rathod, M., and Iqbal, D. S. (2024). The interdependent relationship between interest and noninterest income of Indian banks: A study of diversification of income, risk, and traditional vs. non-traditional banking activities. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.4972716
- Nazlioglu, S., Gormus, N. A., and Soytaş, U. (2016). Oil prices and real estate investment trusts (REITs): Gradual-shift causality and volatility transmission analysis. *Energy Economics*, 60, 168–175. doi:10.1016/j.eneco.2016.09.009
- Orudzhev, E. G., and Burjaliyeva, N. G. (2025). Fourier cointegration analysis of the relationship between interest and noninterest income in banks: The case of Azer Turk Bank. *Economies*, 13(10), 297. doi:10.3390/economies13100297
- Orudzhev, E. G., and Mamedova, L. M. (2024). On the assessment of the long-term relationship between the AZN/RUB and USD/RUB rates against the backdrop of increasing sanctions against Russia. *Studies on Russian Economic Development*, 35(2), 308–318. doi:10.1134/S1075700724020114
- Ağca, A., Uçar, O., and Uladi, Ş. (2024). Linking economic growth and international trade taxes in Turkey: A Fourier approach. *Heliyon*, 10(7), e28741. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e28741